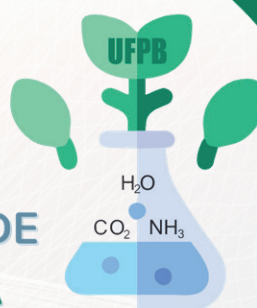


SÉRIE INICIADOS - VOL. 29

2023

PRÊMIO JOVEM PESQUISADOR

20ª SEMANA NACIONAL DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



XXXI ENCONTRO DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA DA UFPB

CAMPUS I - JOÃO PESSOA - 16 A 20/10
CAMPUS II - AREIA - 23 E 24/10
CAMPUS IV - MAMANGUAPE - 26/10

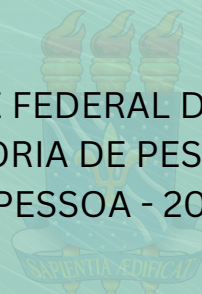
2023

*“O papel dos Programas de Iniciação Científica na UFPB para o
Desenvolvimento Sustentável e melhor qualidade de vida no planeta”*

ORGANIZADORES:

Valdir de Andrade Braga
Maria de Fátima Vanderlei de Souza
Francisco Lopes Galvão Filho
Bruno Vitor Veríssimo de Lima
Maria Luciene Ferreira Lima
Rogério Oliveira Barbosa

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
JOÃO PESSOA - 2023





Valdiney Veloso Gouveia
Reitor

Liana Filgueira Albuquerque
Vice-reitora



Prof. Dr. Valdir de Andrade Braga
Pró-Reitor de Pesquisa

Profa. Dra. Renate Maria Ramos Wellen
Coordenadora Geral de Pesquisa

Profa. Dra. Maria de Fátima Vanderlei de Souza
Coordenadora geral de Programas Acadêmicos
e de Iniciação Científica



COMISSÃO CIENTÍFICA:

Profa. Dra. Maria de Fátima Vanderlei de Souza (CGPAIC);
Profa. Dra. Ana Berenice Peres Martorelli (CCHLA);
Profa. Dra. Ana Maria Magalhães Correia (CCA);
Profa. Dra. Ana Patrícia Almeida Bezerra (CAVN);
Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias (CCA);
Profa. Dra. Carolina Gomes da Silva (CCHLA);
Profa. Dra. Cibelle Guimarães Silva Severo (CT);
Profa. Dra. Cristiane Kelly Ferreira da Silva (CEAR);
Prof. Dr. Darlan Alexandria Fernandes (CEAR);
Profa. Dra. Elisângela Afonso M. Kretzschmar (CBIOTEC);
Prof. Dr. Ewerton Monteiro Salvador (CI);
Prof. Dr. Herondy Francisco Santana Mota (CCEN);
Prof. Dr. João Felipe Bezerra (CPT-ETS);
Profa. Dra. Joelma Abrantes Guedes Temoteo (CCTA);
Profa. Dra. Luana Rodrigues de Almeida (CCS);
Prof. Dr. Márcio Silva Santo (CCEN);
Profa. Dra. Marcleide Maria M. Pederneiras (CCTA);
Profa. Dra. Maria Daniella de O. P. da Silva (CCSA);
Profa. Dra. Maria José de Figueiredo (CCHSA);
Profa. Dra. MARTA MARIA DA CONCEIÇÃO (CTDR);
Profa. Dra. Nataly Albuquerque dos Santos (CTDR);
Prof. Dr. Paulo Aguiar do Monte (CCSA);
Profa. Dra. Priscila Oliveira Costa Silva (CCS);
Profa. Dra. Yrina Valdez Vazquez (CCA);
Profa. Dra. Renata Monteiro Garcia (CCA);
Profa. Dra. Roberta Candeia Gonçalves (CCJ);
Prof. Dr. Severino Aires de Araújo Neto (CCM);
Profa. Dra. Sheila Alves Bezerra da Costa Rego (CT);
Profa. Dra. Tatjana Keesen de Sousa Lima (CBIOTEC);
Prof. Dr. Teobaldo Bulhões Leite Júnior (CI);
Profa. Dra. Vivian de Melo Silva (CE);
Profa. Dra. Viviany Silva Araujo Pessoa (CE).



EQUIPE CGPAIC: COMITÊ EXTERNO:

Maria de Fátima Vanderlei de Souza (Coordenadora);
Francisco Lopes Galvão Filho (Sub-coordenador);
Bruno Vitor Veríssimo de Lima;
Claudia Andrade de Freitas Alencar ;
Iêda Cantidiano de Andrade;
Isabele Elonora do Espírito Santo;
Maria José da Silva;
Maria Luciene Ferreira Lima;
Raissa Carvalho de Albuquerque Montenegro;
Rogério Oliveira Barbosa.
Prof. Geraldo Alves Damasceno Júnior (UFMS);
Prof. Helder Buenos Aires de Carvalho (UFPI);
Prof. Jorge Mauricio David (UFBA);
Prof. José Wilton Pinheiro Júnior UFRPE;
Prof. Pedro Dantas Fernandes (UFMG);
Prof. Romualdo Rodrigues de Menezes (UFMG);
Profa. Rosa Ester Rossini (USP);
Profa. Teresinha Gonçalves da Silva (UFPE);
Profa. Tânia Maria Sarmento da Silva (UFRPE).

“Os trabalhos aqui publicados são de responsabilidade dos seus respectivos autores”

S485	<p>Série Iniciados : trabalhos premiados no XXXI Encontro de Iniciação Científica da UFPB [recurso eletrônico]. - v.29, (2022-2023). - Dados eletrônicos. - João Pessoa : PROPESQ/UFPB, 2023. 485 p. : il.</p> <p>Anual. Organizadores: Valdir Andrade Braga, Maria de Fátima Vanderlei de Souza, Francisco Lopes Galvão Filho, Bruno Vitor Veríssimo de Lima, Maria Luciene Ferreira Lima, Rogério Oliveira Barbosa. Modo de acesso: <http://www.propesq.ufpb.br/propesq/contents/menu/publicacoes/serie-iniciados-trabalhos-premiados></p> <p>1. Pesquisa científica. 2. Iniciação científica. 3. Encontro científico. 4. Pesquisa multidisciplinar. I. Título.</p>
UFPB/BC	CDU 001.891

ISBN: 978-65-5942-306-4

Promoção:



SÉRIE INICIADOS

Trabalhos premiados no
XXXI Encontro de Iniciação Científica da UFPB
Vigência 2022-2023

CAMPUS I – JOÃO PESSOA: 16 A 20/10

CAMPUS II - AREIA: 23 e 24/10

CAMPUS IV – MAMAGUAPE: 26/10



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COORDENAÇÃO GERAL DE PROGRAMAS ACADÊMICOS E DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

APRESENTAÇÃO

A UFPB, através da CGPAIC/PROPESQ, lança sua **29ª Edição da Série Iniciados**. Esta série publica, desde 1995, os trabalhos apresentados durante o nosso encontro de Iniciação Científica pelos nossos discentes da Iniciação Científica, sob a orientação de um pesquisador/UFPB em forma de capítulo de livro. Dentre esses trabalhos, são selecionados, com base em critérios definidos pelo Comitê IC/UFPB, 12 que são considerados aptos para concorrer ao Prêmio Destaque IC/CNPq. Em 2023 fomos agraciados, pela primeira vez, com o Prêmio Destaque IC/CNPq na área de Inovação Tecnológica (PIBITI/CNPq/UFPB), o que demonstrou que temos potencial científico e que nossos discentes estão sendo qualificados para a vida profissional, seja na academia como docente e pesquisador, seja no mercado de trabalho. A nossa dedicação para que o nosso discente enverede pelo mundo da Pesquisa e Pós-Graduação pode ser visto pelo primeiro **Prêmio Mérito Institucional que recebemos do CNPq em 2024**. Esse prêmio é alcançado por Instituições com o maior índice de egressos titulados na Pós-graduação, em cursos legalmente reconhecidos pela CAPES. O índice de egressos/CNPq é aferido pela quantificação de egressos que se titularam no mestrado ou doutorado, em um período de 10 (dez) anos. A coletânea sobre o destino dos egressos por nós realizada nos colocou, merecidamente, no Pódio das Instituições agraciadas com importante honraria. Sigamos em frente, sempre buscando a melhor qualificação para os nossos discentes e o sucesso da Universidade Federal da Paraíba, celeiro de conhecimentos. Que nunca deixemos de colocar a UFPB como o nosso maior troféu.

Parabéns aos pesquisadores que fizeram e fazem a IC/UFPB, aos nossos egressos e aos atuais discentes da IC pela busca incessante do conhecimento.

Agradecemos, em especial, pelo apoio do Comitê Interno de Iniciação Científica/UFPB e aos Servidores Técnicos da CGPAIC.

João Pessoa, 16 de outubro de 2023.

Maria de Fátima Vanderlei de Souza
Coordenadora Geral de Programas Acadêmicos e de Iniciação Científica

SUMÁRIO

CIÊNCIAS AGRÁRIAS:

- CAUÃ FREIRE DA SILVA & ALEX DA SILVA BARBOSA. Cinética de decomposição da matéria orgânica vegetal orgânica vegetal em sistemas de uso e manejo do solo. **002**
- MAYKON DOUGLAS GOMES BARBOSA & ELIZANILDA RAMALHO DO REGO. Resgate de embriões, poliploidização e caracterização de híbridos interespecíficos de beldroega. **010**
- RAISSA FERNANDES SANTOS DA SILVA & MARCOS BARROS DE MEDEIROS. Bioprospecção de extratos vegetais etanólicos, hidrolatos e emulsões vegetais sobre a cochonilha *antecercoccus parahybensis* (hempel, 1927). **029**
- SANTIAGO ALVES DE OLIVEIRA & ALEXANDRE PAIVA DA SILVA. disponibilidade de manganês em solos do agreste paraibano avaliada pelos extratores mehlich-1, mehlich-3, hcl e dtpa. **041**
- STEPHANY SOARES MENDES & ARTUR CEZAR DE CARVALHO FERNANDES. Avaliação in vitro do efeito inibitório do c. Bovis no crescimento dos principais patógenos causadores de mastite pelo método quantitativo. **059**
- VINICIUS COSTA ARAUJO & RISELANE DE LUCENA ALCANTARA BRUNO. Dinâmica florística e desempenho regenerativo em áreas de caatinga no cariri paraibano. **071**

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

- DAIANY MARIA CLAUDINO FRANCELINO & BAGNOLIA ARAUJO COSTA. Caracterização química do pó de spirulina platensis pela técnica de ressonância magnética nuclear e sua correlação com a atividade relaxante em corpo cavernoso. **087**
- FERNANDO CEZAR COMBERLANG QUEIROZ DAVIS DOS SANTOS & TATJANA KEESEN DE SOUZA LIMA CLEMENTE. Avaliação de biomarcadores em linfócitos t cd8 (citotóxicos) frente à vacinação pela covid-19. **100**
- PAULO GUSTAVO COSTA E SILVA CRUZ & TATIANE SANTI GADELHA. Purificação e hidrólise das proteica do soro leite caprino da raça sannem. **123**

CIÊNCIAS DA SAÚDE:

ANA FLAVIA CHAVES UCHOA & FRANCISCO HUMBERTO XAVIER JÚNIOR. Carreadores lipídicos nanoestruturados (clns) funcionalizados a base de óleo de orégano aplicados ao tratamento de câncer de mama: desenvolvimento e caracterização. **138**

GIGLYENE FERREIRA DE PAIVA MONTEIRO & ANNA ALICE FIGUEIREDO DE ALMEIDA QUEIROZ. Evidência de validade do índice de desvantagem vocal (idv) relacionado a outras variáveis da avaliação multidimensional da voz. **161**

IANA SAMELLA ALCANTARA DE LIMA & MARIA DE LOURDES DE FARIAS PONTES. Risco de hospitalização de pessoas durante a primeira e segunda onda de covid- 19 na paraíba. **179**

LUIS GUILHERME DE MOURA LINS FARIAS COSTA & RONALDO RODRIGUES SARMENTO. Coleta e avaliação parasitológica da água de abastecimento do município de cabedelo-pb utilizando como referência o método de bailenger modificado por ayres & mara, com algumas adaptações. **190**

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

EMELLY SUELEN DE FREITAS REIS SANTOS & CLAUDIO GABRIEL LIMA JUNIOR. Investigação do uso de solventes eutéticos profundos e polímeros de coordenação para a síntese de adutos de morita-baylis-hillman com potencial atividade farmacológica. **204**

NATALIA DUARTE DE SOUSA & DAISY BESERRA LUCENA. Eventos de chuva intensa no estado da paraíba e dinâmica atmosférica associada. **219**

CIÊNCIAS HUMANAS:

IGOR DE MOURA MOTA & EDER DA SILVA DANTAS. Construindo a memória da psicopedagogia na paraíba. **239**

MARIA GABRIELA CONCEIÇÃO DE ANDRADE & THAIS AUGUSTA CUNHA DE OLIVEIRA MAXIMO. Coletivos de trabalho como formas de enfrentamento e prevenção em saúde mental. **256**

MARIA VITÓRIA JUVITO MATIAS & TÂNIA RODRIGUES PALHANO. Conteúdos e temas de filosofia no livro didático moderno plus ciências humanas e sociais aplicadas. **279**

CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS:

LUANA BRITO LACERDA & GLORIA DE LOURDES FREIRE RABAY. O impacto da organização feminista na cobertura jornalística paraibana do caso de feminicídio 'pâmela bessa'. **294**

MARIA HELENA RODRIGUES SILVA & TATYANE GUIMARAES OLIVEIRA. Quantas mãos te mataram mulher? Análise crítica sobre os equipamentos de proteção às mulheres em situação de violência. **310**

VICTOR DE OLIVEIRA MARTINS & ROBERTO CORDOVILLE EFREM DE LIMA FILHO. O STF e a crise democrática: a controvérsia pública em torno das acusações contra o sistema eleitoral. **326**

ENGENHARIAS:

JOSE CARLOS DINIZ FILHO & ARIOSTON ARAUJO DE MORAIS JUNIOR. Análise de controladores preditivos em plantas de captura de carbono. 338

LEANDRO LUCAS DE OLIVEIRA BANDEIRA & ANAND SUBRAMANIAN. Otimizando a alocação de avaliadores a projetos de pesquisa. 359

LUCAS DANTAS DE OLIVEIRA & JUAN MOISES MAURICIO VILLANUEVA. Sensores iot para o monitoramento de pressão em uma rede de abastecimento de água. 377

NATALIA MARIA MENDES SILVA & ADRIANO ROLIM DA PAZ. Avaliação de produtos derivados de mde para modelagem hidrológica distribuída de inundações na bacia do rio mamanguape (pb). 394

WENDELL DANIEL FERNANDES DE SOUSA & ANTONIO AUGUSTO LISBOA DE SOUZA. Concepção de um vco 80 ghz em topologia colpitts modificada. 415

LINGUÍSTICAS, LETRAS E ARTES:

ÍTALO DURDSON XAVIER DE OLIVEIRA & MARCO VALÉRIO CLASSE COLONNELLI. Ethopeia e comicidade em: sobre a morte do peregrino, de luciano de samósata. 436

MULTIDISCIPLINAR:

JOAO ANTONIO CARVALHO BANDEIRA & ULRICH VASCONCELOS DA ROCHA GOMES. Ser, ou não ser de vida livre, eis a questão! 451

LUCAS SILVA DA CRUZ & ANDREA FARIAS DE ALMEIDA. Análise da produção in vitro do baculovirus sfmnpv - nr6 em células sf21. 466

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CINÉTICA DE DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA VEGETAL EM SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO

Cauã Freire da Silva¹; Alex da Silva barbosa²; Maria Janaina Lira Vital³

RESUMO

A decomposição permite que parte do carbono incorporado na biomassa vegetal volte à atmosfera como CO₂ e outra parte, juntamente com os elementos minerais, seja integrada ao solo, por isso é determinante para o equilíbrio dos ecossistemas. O objetivo deste estudo foi analisar a ciclagem de matéria orgânica em diferentes formas de uso e manejo dos solos. Sendo eles: Floresta, Área invadida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., Sistema Agroflorestal, Mandala, e Pomar de manga. Foi utilizada a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth. A matéria fresca foi secada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e colocadas em *litterbags*. A espécie apresentou valores de k variando de 0.0235 a 0.1938 g. g⁻¹ dia e o tempo meia-vida de 9 a 41 dias, dependendo do sistema de uso e cobertura da terra. Conclui-se que a floresta foi a área com maior constante de decomposição, seguido pelo SAF.

Palavras-chaves: Biomassa. Sistemas. Solo. Microrganismos.

1 freirecaua787@gmail.com autor

2 aldasibarbosa@gmail.com orientador. Projeto: Qualidade ambiental e contribuições dos sistemas de produção agrícola do Brejo paraibano para mitigação do aquecimento global. Plano de Trabalho: Cinética de decomposição da matéria orgânica vegetal em sistemas de uso e manejo do solo, (83) 3533-5801

3 maria.vital@prof.ce.gov.br colaborador

Apresentação

A demanda por alimentos só tende a aumentar, pois conforme a população mundial cresce, mais intensifica a necessidade por alimentos, e isso implica diretamente em alterações no meio ambiente, visto que significa uma expansão das áreas agricultáveis. No entanto, o manejo inadequado dessas áreas altera os processos do solo podendo resultar na degradação do mesmo. Um solo mal manejado, pode resultar em consequências negativas, como por exemplo, o aumento da emissão de CO₂, contribuindo para as mudanças climáticas, podendo comprometer a sustentabilidade dos agroecossistemas e até mesmo a vida na terra.

Diante disso, procuram-se sistemas agroecológicos com usos e manejos que sejam menos agressivos ao meio ambiente e estudos com foco na preservação do solo que visam identificar estratégias que possam mitigar essa emissão de gases de efeito estufa, principalmente do CO₂.

Sendo assim, o conhecimento da decomposição da matéria orgânica influenciados por diferentes sistemas produtivos, permite identificar quais sistemas agrícolas se assemelham mais aos ecossistemas naturais, e conseqüentemente que mais funcionam como estoque de carbono.

Uma vez que, essa abordagem leva em consideração não apenas a função do solo na produção agrícola, mas também sua participação em funções do ecossistema, e sua manutenção a longo prazo.

Embora, os processos do solo tenham um papel importante nos fluxos de carbono, existe ainda poucos estudos na Mesorregião do Agreste da Paraíba, em particular a Microrregião do Brejo, sobre a dinâmica da decomposição foliar e sabendo que essas informações são de grande relevância é pertinente fazer essas avaliações (López-Teloxa; Monterroso-Rivas, 2020).

O projeto titulado qualidade ambiental e contribuições dos sistemas de produção agrícola do Brejo paraibano para mitigação do aquecimento global procura identificar os sistemas que apresentam melhores índices de sustentabilidade e que apresentam métodos conservacionistas.

Fundamentação teórica

Os sistemas de produção agrícola estão entre as atividades antrópicas que emitem gases de efeito estufa na atmosfera. Essa emissão pode ser gerada como consequência de diferentes processos naturais que ocorrem devido à ação de microrganismos do solo, alguns

deles são estimulados por diferentes práticas agrícolas realizadas durante o processo de produção (Montenegro, 2020).

A emissão de CO₂ está ligada a atividade microbiana, decomposição da matéria orgânica do solo, e respiração de raízes, sendo um indicativo para se avaliar sistemas sustentáveis (Costa et al., 2017).

Atualmente, tem-se como desafio aumentar a produtividade dos sistemas agrícolas ao mesmo tempo em que se reduzam as emissões de gases de efeito estufa, proporcionando ambientes mais resilientes (Godfray et al, 2010a). Neste sentido, entre as alternativas para redução dos precursores do aquecimento global se encontram os sistemas integrados de produção agrícola, em especial, os Sistemas Agroflorestais (Burney et al, 2010).

Esses sistemas integrados maximizam o aproveitamento dos ciclos biológicos, solo e resíduos produzidos pelos animais, além de diminuir a utilização de agroquímicos e melhorar a condição das populações rurais envolvidas (Godfray et al., 2010b; Kichel et al., 2014).

Costa et al. (2014) destacam que sistemas capazes de aumentar a adição de matéria orgânica ao solo, bem como o sequestro de carbono devem ser priorizados e estes atuarão como dreno de CO₂.

Os SAFs são sistemas que comportam o consórcio de plantas arbóreas, lenhosas de interesse madeireiro, plantas herbáceas, culturas agrícolas ou plantas destinadas a alimentação animal, arranjos com grande diversidade de plantas (Abdo et al., 2008). Bernardes (2008) destaca que os componentes dos SAFs são os responsáveis por classifica-los em agrosilviculturais, silvipastoril e agrosilvipastoril.

Alguns estudos demonstraram que os agroecossistemas bem manejados são alternativas com auto poder de sequestro de carbono, e com práticas adequadas podem mantê-lo no solo até o seu equilíbrio definitivo (West; Post, 2002; Armstrong et al., 2003; Luo; Zhou, 2006). No entanto, os sistemas de produção tradicionais, com revolvimento do solo e aplicação de insumos agrícolas e pesticidas, contribuem com as altas taxas de liberação de CO₂ (Bartz et al, 2013).

Metodologia

Áreas de Estudo

O estudo foi realizado em cinco sistemas de uso e ocupação do solo, denominados: Área de floresta, Área infestada de *Sporobolus indicus*, Sistema Agroflorestal - SAF, Mandala, e Pomar de manga. Todos os sistemas estão localizados na Universidade Federal da

Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III, Bananeiras - PB.

O município de Bananeiras está localizado na mesorregião do Agreste da Paraíba, no domínio do bioma caatinga, marcado por grande heterogeneidade ambiental e apresentando uma sazonalidade climática bem demarcada: uma estação chuvosa, que vai de março a agosto, e uma estação seca, de setembro a fevereiro, caracterizando-se por uma precipitação pluvial monomodal e em gradiente de leste a oeste em virtude do planalto da Borborema que barra as massas de ar úmido, vindas do litoral, que se deslocam em direção ao sertão.

Essa variabilidade também se reflete nos diferentes tipos de solos, verificando-se uma grande heterogeneidade pedológica, tanto no sentido horizontal como vertical, o que gera uma ampla multiplicidade de ambientes, contribuindo com a composição florística diversa e adaptada a essas variabilidades geoambientais (Petersen; Silveira; Almeida, 2002).

Procedimentos metodológicos

Foi utilizada uma técnica conhecida como *litterbags* ou bolsa de folheto, (Wieder; Lang, 1982). Esta técnica consistiu na secagem da matéria fresca em estufa de circulação de ar a 65°C por 72 horas até massa constante. Em cada *litterbags* foi inserido 10 gramas do material foliar seco distribuídas 20 *litterbags* em cada área.

A cada 20 dias, retirou-se 4 *litterbags* de cada área e levadas ao laboratório onde o material foliar remanescente foi colocado novamente em estufa à temperatura constante, e pesado em balança de precisão e esse procedimento se repetiu até retirar as últimas 4 *litterbags* de todas as áreas estudadas.

O coeficiente de decomposição (k) da fração foliar foi calculado a partir dos valores de massa remanescente obtidos a cada coleta e ajustados ao modelo exponencial recomendado por Thomas e Asakawa (1993).

Equação usada: $X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$

Em que: X_t é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t, em dias; X_0 : quantidade de matéria seca inicial ou nutriente; e k: é a constante de decomposição.

Reorganizando os termos dessa equação, é possível calcular a constante de decomposição, ou valor k, conforme equação seguinte: $k = \ln(x/x_0) / t$.

A meia-vida da fitomassa foi calculada com base na constante de decomposição (k), este valor foi obtido por meio da linearização do modelo anterior, e seu resultado corresponde

ao tempo requerido para que ocorra a decomposição de metade da quantidade inicial do material foliar analisado. Equação usada: $t_{1/2} = \ln(2) / kt$

Em que: $t_{1/2}$ é tempo de meia-vida das folhas

K: constante de decomposição obtida a partir do ajuste do modelo não linear.

Os dados da massa seca remanescente correspondentes a cada período de coleta foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e posteriormente ao teste Tukey à 5% de significância. Foi realizada análise de regressão, com o uso do software Microsoft Excel © (versão 2013), para delinear o comportamento das curvas de decomposição com os critérios dos melhores modelos de regressão serem maior R^2 (coeficiente de determinação ajustado) e menor erro padrão.

Resultados e discussão

A constante de decomposição (k) e a projeção do tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da *Mimosa caesalpiniiifolia* para cada forma de uso do solo. A espécie apresentou valores de k variando de 0.0235 a 0.1938 $g \cdot g^{-1} \cdot dia$ e o tempo meia-vida ($t_{1/2}$) de 9 a 41 dias, dependendo do sistema de uso e cobertura da terra.

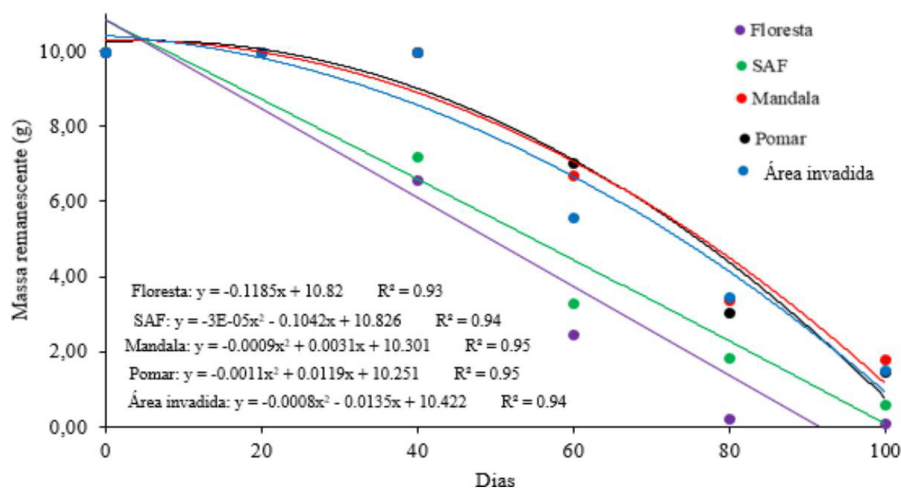
A Floresta foi a área com maior constante de decomposição (0.1938 $g \cdot g^{-1} \cdot dia$) em seguida o SAF apresentando uma constante de decomposição de 0.1479 $g \cdot g^{-1} \cdot dia$. Já a Mandala o Pomar e a Área invadida apresentaram valores muito baixos (0.0235, 0.0397, 0.0876 $g \cdot g^{-1} \cdot dia$) respectivamente (Figura 1).

Na floresta devido a interferência humana ser bem menor quando comparada às demais áreas é considerada um ecossistema com melhores condições de solo onde irá ocorrer de forma mais rápida a mineralização do húmus por ação da microfauna e da microflora (bactérias e fungos) do solo reduzindo-a em resíduos minerais (Silva et al., 2023a; Iwata et al., 2021). Froes et al., (2021a) afirmam que áreas de florestas e sistemas agroflorestrais possuem um microclima mais favorável, com condições de luminosidade, temperatura, umidade do solo, entre outros fatores, que são determinantes para as taxas de decomposição. De acordo com estudos de Silva et al., (2023b) os microrganismos (detritívoros) presentes nesses sistemas são provavelmente mais eficientes em deteriorar matéria orgânica de espécies florestais.

Ao final dos 100 dias foi observado que Mandala, Pomar de manga e a Área infestada de não atingiram os 100% de sua decomposição, ressalta-se que tais resultados foram fortemente influenciados pelas características internas e externas das áreas, visto que, a composição vegetal, a baixa diversidade de espécies arbóreas e a pequena cobertura florestal,

aliada ao fator de manejos e uso do solo interferem na funcionalidade do ecossistema e, portanto, na decomposição foliar (Froes et al., 2021b).

Figura 1. Massa remanescente foliar (g) de *Mimosa caesalpinifolia* em função do tempo para cada sistema de uso do solo.



Conclusões

A taxa da decomposição da massa foliar apresenta diferenças de acordo com os sistemas de uso e manejo do solo;

A Floresta foi a área com maior constante de decomposição, seguido pelo SAF.

Referências

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.
- ARMSTRONG, R. D.; MILLAR, G.; HALPIN, N. V.; REID, D. J.; STANDLEY, J. Using zero tillage, fertilisers and legume rotations to maintain productivity and soil fertility in opportunity cropping systems on a shallow Vertosol. Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 43, n. 2, p. 141-153, 2003.
- BARTZ, B; WEISE, A.P;Dittmar, A; RUPPENTHAL, J. E. Aplicação da manufatura enxuta em uma indústria de equipamentos agrícolas. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, v. 21, n. 1, p. 147-158, 2013.

- BURNEY, J. A.; DAVIS, S. J.; LOBELL, D. B. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, v. 107, n. 26, p. 12052-12057, 2010.
- COSTA, J. A. A.; DE ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)-Experiências no BRASIL. Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.
- COSTA, M. I. de. S; SOUZA, T. E. M. dos. S; SOUZA, E. R. de; CUNHA, J. C; LEAL, L.Y. de. C. Efluxo de CO₂, atributos físicos e carbono do solo em manejos agroecológicos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.12, n. 2, p. 251-255, 2017.
- FRÓES, C. Q.; FERNANDES, S. S. L.; JUNGLOS, M. S.; COSTA, P. F. da; LINÊ, J. D. B.; PEREIRA, Z. V. Decomposição foliar visando ao monitoramento de áreas em processo de restauração ecológica no Mato Grosso do Sul. *Ciência Florestal*, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 1323–1343, 2021.
- GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; ... E TOULMIN, C. Segurança alimentar: o desafio de alimentar 9 bilhões de pessoas. *Ciência*, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.
- IWATA, B. de. F; BRANDÃO, M. L. S.M; REGIS DOS SANTOS BRAZ, R. dos S; LEITE, L. F. C; COSTA, M. C. G. Total and particulate contents and vertical stratification of organic carbon in agroforestry system in caatinga. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 34, n. 2, p. 443 –451, abr. –jun., 2021.
- KICHEL, A. N.; DA COSTA, J. A. A.; DE ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)-Experiências no BRASIL. Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.
- LÓPEZ-TELOXA, L.; MONTERROSO-RIVAS, A. CO₂ mitigation strategies based on soil respiration. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, v. 32, n. 2, p. 30-41. 2020.
- LUO, Y; ZHOU, X. *Respiração do solo e meio ambiente*. Elsevier, 2010. PEREIRA, V. C. EFLUXO DE CO₂ EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO. 2018.
- MONTENEGRO, J. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la emisión de óxido nitroso en plantaciones de café en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, v. 54, n. 2, p.111-130,2020.

PETERSEN, P; SILVEIRA, L; ALMEIDA, P. Ecosistemas naturais e agroecossistemas tradicionais no Agreste da Paraíba. In: SILVEIRA, L.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. (Org.). Agricultura Familiar e Agroecologia no Semiárido: avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, Cap. 1. p. 13-123. 2002.

SILVA, J. H.C.S; BARBOSA, A. da.S; GOMES, D.da. S; AQUINO, I. De. S; SILVA, J. R. da. Dynamics of plant organic matter decomposition in different agricultural landscapes. Revista Caatinga, Mossoró, v. 36, n. 1, p. 135 –144, jan. –mar., 2023.

WEST, T. O.; POST, W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. Soil Science Society of America Journal, v. 66, n. 6, p. 1930-1946, 2002. WIEDER, Kelman; LANG, Gerald. A critique of the analytical methods used examining decomposition data obtained from litter bags. Ecology. p. 1636-1642, 1982.

RESGATE DE EMBRIÕES, POLIPLOIDIZAÇÃO E CRESCIMENTO DE HÍBRIDOS INTRA E INTERESPECÍFICOS DE BELDROEGA (*Portulaca* spp.)

Maykon Douglas Gomes Barbosa¹

Nataline da Silva Pontes²

Aline Cavalcanti Dantas²

Mailson Monteiro do Rêgo²

Elizanilda Ramalho do Rêgo³

Resumo

O resgate de embriões, poliploidização e caracterização de híbridos intra e interespecíficos de beldroega (*Portulaca* spp.) são fundamentais para o melhoramento genético desta planta. Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia e Melhoramento Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado no Campus II em Areia, Paraíba. O material vegetal foram 21 híbridos, oriundos de cruzamentos manuais realizados entre as espécies *Portulaca oleraceae*, *Portulaca grandiflora*, *Portulaca umbraticola* e *Portulaca pilosa*. O crescimento dos híbridos obtidos foi avaliado por meio da contagem do número de folhas e do número de galhos, avaliado durante quatro meses. A análise de crescimento foi realizada em parcelas subdivididas sendo os genótipos avaliados na parcela e os meses de crescimento nas subparcelas. Os dados assim obtidos foram submetidos à análise de variância com posterior agrupamento dos genótipos pelo teste Skott-knott a 1% de probabilidade. Os embriões resgatados foram transferidos para tubos de ensaio contendo meio MS com o agente antimitótico orizalina. Foram regenerados de 4 a 20 embriões por fruto de híbridos interespecíficos e 20 a 41 de híbridos intraespecíficos. Foi possível regenerar híbridos poliplodizados, que se encontram em sala de crescimento até que possam ser aclimatados. Todos os híbridos apresentaram crescimento contínuo, ao longo dos quatro meses de avaliação, tanto para o número de folhas como para o número de galhos.

Palavras-chave: Crescimento. Melhoramento. Diversidade genética. Poliploide.

1 maycon.douglas.gb@hotmail.com

2 natalinepntes17@gamil.com, alincdantas188@gmail.com, mailson@cca.ufpb.br

3 elizanilda@cca.ufpb.br, Resgate de embriões, poliploidização e caracterização de híbridos interespecíficos de beldroega (*Portulaca* spp.)

Introdução

A família *Portulacaceae* possui aproximadamente 30 gêneros e ,pelo menos, 200 espécies, distribuídas em diferentes continentes ao redor do mundo em áreas tropicais e subtropicais de regiões Oeste da América do Norte, América do Sul e África (Witmann e Dall’Agnol, 2003; Montero et al., 2022).

Popularmente conhecidas como beldroegas, as espécies do gênero *Portulaca* são conhecidas como plantas alimentícias não convencionais (PANC) e como plantas ornamentais e medicinais (Kumar et al., 2021). As Plantas Alimentícias Não-Convencionais são plantas comestíveis nativas, exóticas ou naturalizadas, espontâneas ou subespontâneas sendo desconhecidas pela grande maioria do público consumidor e com inúmeras potencialidades funcionais e socioambientais direcionadas a saúde e segurança alimentar (Kinupp; Barros 2007; Dias et al., 2018). Tendo em vista que o aumento populacional é crescente o uso de PANC é crucial, já que existe uma maior demanda na produção de alimentos (Jacobsen et al., 2013; FAO, 2019; Raza et al., 2020; Montoya-García et al., 2022).

Estas espécies exibem uma variedade de características e adaptações, como folhas suculentas, flores coloridas e hábitos de crescimento que podem variar de rasteiros a eretos. Por manter características anatômica suculenta, essas plantas são adaptadas a ambientes áridos e secos, sendo capazes de armazenar água em seus caules e suas folhas (Coelho; Giulietti, 2010).

O gênero foi descrito no Brasil pela primeira vez por Rohrbach (1872). As mais encontradas em cultivos abertos ou fechados e jardins são *Portulaca grandiflora* Hook, *P. umbraticola* Kunth e *P. pilosa* L. (Maguvu et al., 2015). No Brasil foram catalogadas 13 espécies do gênero, das quais, nove estão presentes na região Nordeste (Coelho; Giulietti, 2010).

No melhoramento genético de plantas é comum realizar hibridação interespecífica com o intuito de gerar variabilidade genética (Van Tuyl, 2006). Este tipo de técnica possui a desvantagem de, em geral, não ocorrer o pegamento dos frutos, devido à incompatibilidade entre espécies, gerando híbridos estéreis (Allard, 2007; Borém; Miranda, 2013).

O resgate embriões é uma técnica utilizada visando recuperar embriões abortados em cruzamentos intra ou interespecíficos, por meio de técnicas de cultura de tecidos (Pramanik, et al., 2021).

A poliploidia é uma outra ferramenta biotecnológica, que permite a restauração da fertilidade de híbridos interespecíficos regenerados a partir do resgate de embriões

(Wittmann e Dall’Agnol, 2003). A poliploidia pode ser induzida por agentes antimicóticos, como a orizalina e a colchicina (Faro et al., 2019).

Tendo em vista a importância dos recursos genéticos de plantas, esta pesquisa teve como objetivo geral iniciar um programa de melhoramento para registrar novas variedades de beldroega e disponibilizá-las para agricultores familiares e como objetivos específicos avaliar o crescimento, promover o resgate de embriões de cruzamentos não compatíveis e realizar poliploidização das plantas regeneradas para restaurar a fertilidade dos híbridos não compatíveis.

Fundamentação teórica

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) estão entre as fontes de alimentos que se desenvolvem em ambientes naturais sem a necessidade de insumos e da derrubada de novas áreas (Bressan et al., 2011). Entretanto, muitas dessas plantas, embora disponíveis a baixo custo, ainda são desconhecidas e subutilizadas por uma parcela significativa da população (Kinupp; Barros 2007; Luizza et al., 2013). As espécies negligenciadas e subutilizadas desempenham papel crucial na segurança e diversificação alimentar, geração de renda para o agricultor familiar e com baixo impacto na agricultura, associada à conservação ambiental (Padulosi et al., 2002; IPGRI, 2006; Kinupp; Barros 2007; Brasil, 2010). As PANC estão presentes em determinadas comunidades ou regiões, onde ainda exercem influência na alimentação de populações tradicionais, entretanto, no mundo globalizado, as espécies subutilizadas beneficiam também a população em geral, visto que proporcionam dietas balanceadas, rentabilidade diversificada, melhor preservação dos agroecossistemas e maior uso de terras marginais juntamente com a preservação da identidade cultural (Padulosi et al., 2002; IPGRI, 2006; Brasil, 2010).

Portulaca oleracea L., vulgarmente denominada beldroega, caruru ou bredo é considerada uma PANC, da família Portulacaceae, que engloba mais de 120 espécies de ervas suculentas e arbustos (Zhou, 2015; Erkan, 2012). É conhecida por seu valor nutritivo, funcional e comercial elevado. Devido a sua composição química as beldroegas (*Portulaca* spp.), têm sido utilizadas na alimentação humana, animal e também como planta medicinal e ornamental, além de ser considerada, também, planta daninha (Golshan Zofoori et al., 2013). A sua importância como alimento de origem vegetal depende não só dos seus componentes nutritivos, mas também dos seus

constituintes nutracêuticos. Estes desempenham um papel importante na proteção contra patologias graves, tais como o cancro e doenças coronárias (Zhou, 2015).

Muitas famílias do norte e nordeste consomem o bredo em refogados, principalmente durante a semana santa, em substituição ao peixe, como salada, (Brasil 2010; Soares Filho et al. 2016; Emperaire et al. 2016). Este gênero está listado como hortícola no Manual Nacional para Alimentação Saudável e consta como rica fonte de ácidos graxos para alimentação de crianças (Lobato et al. 2016). Seu consumo já foi descrito em todas as regiões do Brasil. No Estado de Minas foi descrito seu consumo *in natura* cujas plantas cresciam espontaneamente em áreas de plantação dos agricultores (Barreira et al. 2015) . Já em Brasília foi associada ao consumo em saladas cruas e em refogados (Da Rocha Neto, 2017). De acordo com Kellen et al. (2015) no Rio Grande do Sul são utilizadas as folhas, flores, ramos e sementes. Pode ser consumida crua em saladas ou cozida em diversos pratos. As sementes podem ser utilizadas em pães substituindo a chia e o gergelim. Sementes germinadas (brotos) são indicados para saladas e decoração comestível.

A beldroega pode ser consumida cortada em pequenos pedaços, em saladas, como um prato vegetal após cozinhar ou após a secagem da planta, que pode ser fervida em chá ou sopa (Dkhil, 2011; Chowdhary, 2013; Youssef, 2014; Zhou, 2015). As suas sementes também contêm uma elevada percentagem de ácido α linoleico (LNA) e apresentam ainda propriedades medicinais. Esta planta cresce facilmente em solos que podem ser áridos e salinos (Youssef, 2014). Em muitas partes do mundo ainda é considerada como erva daninha com potencial teor nutricional sendo descrita como um "alimento do futuro" devido ao seu elevado teor nutritivo e propriedades antioxidantes (Golshan Zofoori et al., 2013).

No Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB) existe uma coleção viva com trinta e seis diferentes acessos, pertencentes às espécies *P. oleraceae* (4), *P. umbraticola* (20), *P. pilosa* (1) e *P. grandiflora* (11). Os acessos *a* foram avaliados quanto a caracteres morfoagronômicos, como parte de um projeto de Iniciação Tecnológica que vem sendo desenvolvido no CCA-UFPB há dois anos e este trabalho teve como objetivos promover a hibridação entre os materiais previamente selecionados para iniciar um programa de melhoramento do gênero.

Metodologia

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia e Melhoramento Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), localizado no Campus II em Areia, Paraíba.

Resgates de embriões

O resgate de embriões foi realizado utilizando explantes oriundos de cruzamentos intra e interespecíficos. Para cada híbrido foram feitos cinco repetições e após dois dias do cruzamento era verificado se havia ou não o pegamento do mesmo (Figura 1). Os frutos abortados foram levados para câmara de fluxo laminar para desinfestação. Esta foi realizada por uma tríplice lavagem com álcool 70% por um minuto, hipoclorito de sódio a 2 ppm por 10 minutos e uma lavagem tripla com água DDA (destilada, deionizada e autoclavada). Posteriormente, com o auxílio de um bisturi foi realizado o corte no fruto e retirados os embriões para que fossem inoculados em discos de Petri contendo meio de cultura MS (Murashige & Skoog, 1962) e mantido em sala de crescimento com temperatura de $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de luz 16/8 para luz e escuro, respectivamente.

Foi realizada a contagem de embriões em cruzamentos intra e interespecíficos.

Poliploidia

Os embriões recuperados na etapa anterior foram submetidos à desinfestação em câmara de fluxo laminar utilizando-se 100 mL de solução de hipoclorito de sódio (2%) e água destilada na proporção de 1:1 (v/v), acrescida de 5 gotas de Tween 20. Em seguida foram inoculados em discos de Petri (60x15mm) contendo meio MS força total acrescido de 30g/L de sacarose + 7g/L de ágar + 2 mg/L de 6-benziladenina (6-BA) e 0,2 mg/L ácido 1-naftalenoacético (NAA) com pH ajustado para 5.7 (Manzur et al. 2013).

O meio foi previamente autoclavado a 121°C por 15 minutos, e os reguladores de crescimento foram filtro-esterilizados em filtros Millex (Millipore) de $0,22\ \mu\text{M}$ e acrescidos ao meio após a autoclavagem. As placas foram mantidas em sala de crescimento com temperatura controlada a $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Após estas etapas, as plântulas foram transferidas para tubos de ensaio contendo meio MS com o agente antimetabólico orizalina. Foram aplicados quatro tratamentos e orizalina, a saber: T1: 0, T2: $5\ \mu\text{M}$. T3:

15µm e T4: 30µm. Os tubos foram mantidos em sala de crescimento em fotoperíodo 16/8, de luz e de escuro, respectivamente. O efeito citotóxico dos agentes antimicóticos foi avaliado por meio da contagem de plântulas sobreviventes.

Após a regeneração das brotações, as plantas foram transferidas para meios de alongamento e enraizamento em tubos com apenas uma plântula regenerada, onde permanecem até a etapa de aclimação que ocorrerá quando houver um maior desenvolvimento de parte radicular e parte aérea.

Crescimento de híbridos

O material vegetal foram 21 híbridos, oriundos de cruzamentos manuais realizados entre as espécies *Portulaca oleraceae*, *Portulaca grandiflora*, *Portulaca umbraticola* e *Portulaca pilosa* (Tabela 1; Figura 2). Foram utilizadas três estacas de cada genótipo por vaso de 900 ml. Estes foram preenchidos com fibra de coco comercial autoclavada. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 21 tratamentos e três repetições. O crescimento dos híbridos obtidos foi avaliado por meio da contagem do número de folhas e do número de galhos, avaliado durante quatro meses, a partir da instalação do experimento. Os dados foram expressos em porcentagem de crescimento em relação ao dia um de montagem do experimento. A análise de crescimento foi realizada em parcelas subdivididas sendo os genótipos avaliados na parcela e os meses de crescimento nas subparcelas. Os dados assim obtidos foram submetidos à análise de variância com posterior agrupamento dos genótipos pelo teste Skott-knott a 1% de probabilidade (Cruz, 2018).

A irrigação das plantas foi realizada todos os dias com 100 ml de água e, uma vez por semana, foi aplicada solução nutritiva com solução nutritiva a base de NPK + cálcio + quelato de ferro.

Tabela 1. Número e identificação de híbridos intra e interespecíficos, obtidos por cruzamento entre *Portulaca oleraceae*, *Portulaca grandiflora*, *Portulaca umbraticola* e *Portulaca pilosa*. Todos os híbridos pertencem ao no banco de germoplasma do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. BAG-CCA-UFPB, Areia – PB, 2024.

Número e identificação do híbrido no BAG	Espécies envolvidas no cruzamento
1) TIF8 x LAB2	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
2) TIF5 x A13	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
3) TIF5 x PO9	<i>P. oleracea</i> x <i>P. pilosa</i>
4) TIF4 x LAB2	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
5) JP5 x TIF8	<i>P. grandiflora</i> x <i>P. oleracea</i>
6) TIF5 x LAB1	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
7) TIF4 x JP1	<i>P. oleracea</i> x <i>P. grandiflora</i>
8) TIF4 x AT2	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
9) TIF8 x A1	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
10) PO9 x A1	<i>P. pilosa</i> x <i>P. umbraticola</i>
11) PO9 x A6	<i>P. pilosa</i> x <i>P. umbraticola</i>
12) TIF8 x PO20	<i>P. oleracea</i> x <i>P. pilosa</i>
13) TIF8 x AT2	<i>P. oleracea</i> x <i>P. umbraticola</i>
14) A11 x A13	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. umbraticola</i>
15) A11 x A5	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. umbraticola</i>
16) JP3 x PO001	<i>P. grandiflora</i> x <i>P. pilosa</i>
17) A12 x JP3	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. grandiflora</i>
18) A5 x JP1	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. grandiflora</i>
19) A1 x A5	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. umbraticola</i>
20) A12 x JP5	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. grandiflora</i>
21) A13 x JP3	<i>P. umbraticola</i> x <i>P. grandiflora</i>



Figura 1. Aspecto do fruto em hibridação onde não houve pegamento (à esquerda) e, aspecto do fruto onde houve pegamento à esquerda (à direita).

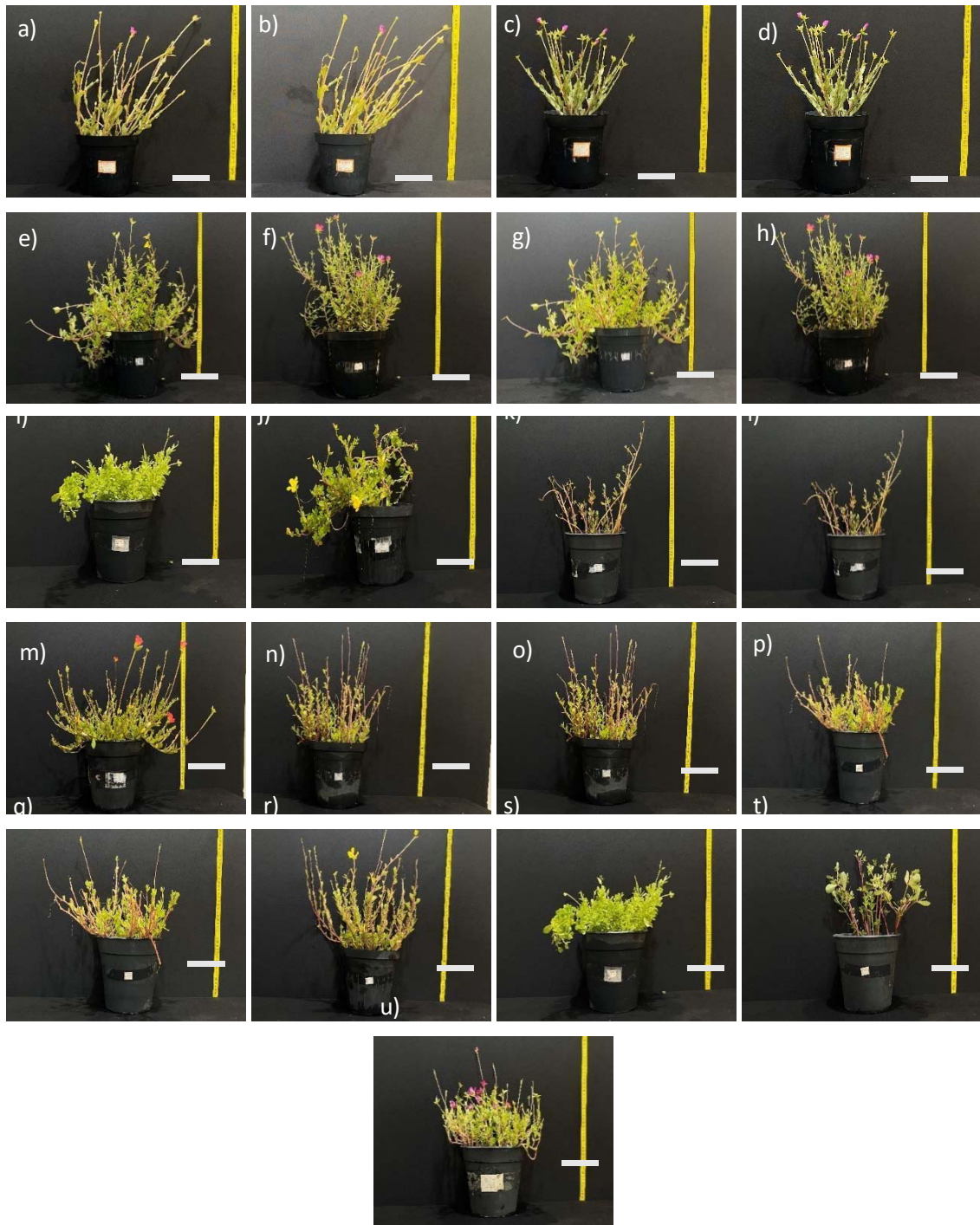


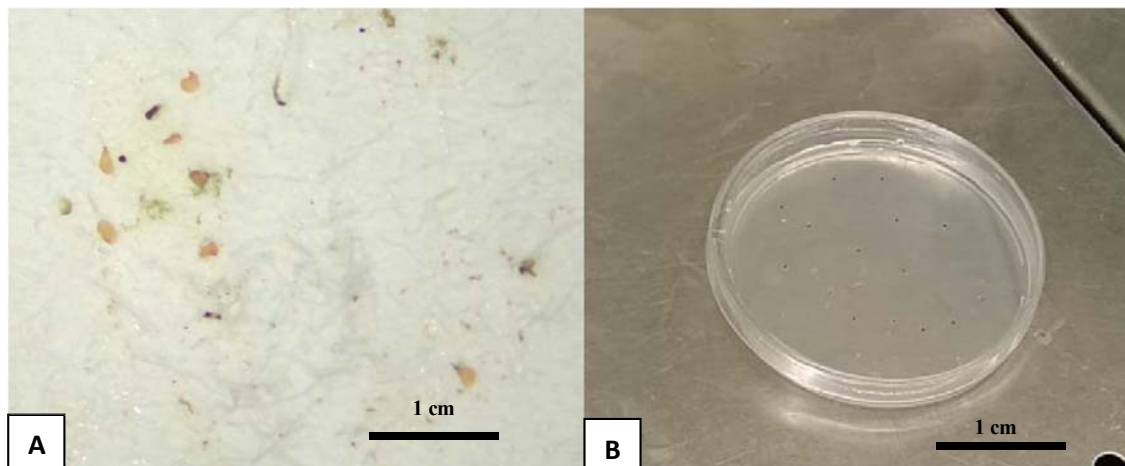
Figura 2. Híbridos intra e interespecíficos de *Portulaca*. a) TIF8 x LAB2, b) TIF5 x A13, c) TIF5 x PO9, d) TIF4 x LAB2, e) JP5 x TIF8, f) TIF5 x LAB1, g) TIF4 x JP1, h) TIF4 x AT2, i) A12 x JP5, j) TIF8 x A1, k) TIF4 x A12, l) PO9 x A6, m) TIF8 x PO20, n) TIF8 x AT2, o) A11 x A13, p) A11 x A5, q) JP3 x PO001, r) A12 x JP3, s) A5 x JP1, t) A1 x A5, u) A13 x JP3. Barra de escala utilizada = 1 cm gerada pelo AutoCAD.

Resultados e Discussão

Resgates de embriões

Foram regenerados de 4 a 20 embriões por fruto de híbridos interespecíficos e 20 a 41 de híbridos intraespecíficos. Aspectos dos embriões excisados de frutos onde não houve pegamento do cruzamento, sua inoculação em placas de Petri e seu crescimento podem ser vistos na Figura 3.

Os níveis de compatibilidade genética explicam o número maior de resgate de embriões intraespecíficos. Sendo assim, a resposta de explantes em um sistema de cultura de tecidos está intrinsecamente relacionada ao genótipo do material colocado em cultura. Hadley et al. (2000) afirmaram que diversos estudos têm confirmado a reação a um determinado sistema de cultura de células está diretamente ligada ao genótipo, o que demonstra a relevância das técnicas aqui estudados.



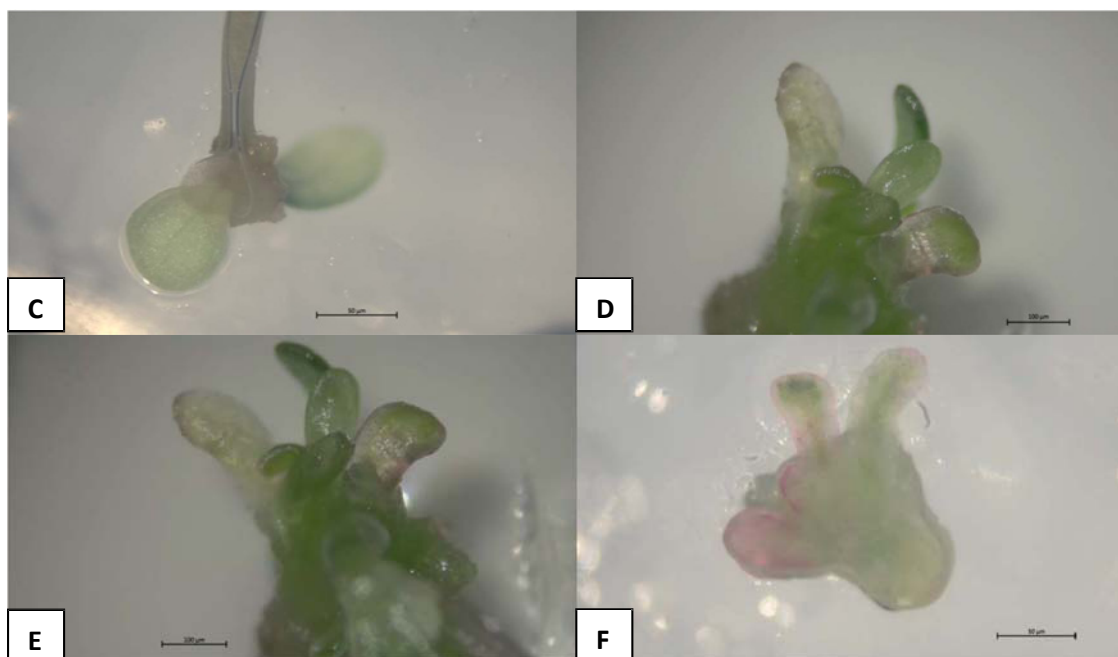


Figura 3. Embriões retirados do fruto não fertilizados (A), embriões inoculados em meio MS (B), embriões regenerados (C a F).

Poliploidização

Foi possível regenerar híbridos poliplodizados, que se encontram em sala de crescimento até que possam ser aclimatados (Figura 4). Apenas o tratamento com 30µm de orizalina foi eficiente em gerar poliploides. A indução de poliploidia tem sido uma técnica amplamente empregada ao longo de vários anos como uma estratégia para gerar diversidade genética e tem demonstrado vantagens significativas no contexto do melhoramento de plantas. Este fenômeno cromossômico pode manifestar-se de duas maneiras distintas. A primeira delas advém de mudanças que ocasionalmente ocorrem no ambiente natural, enquanto a segunda é alcançada por meio de procedimentos induzidos, que envolvem a utilização de agentes antimitóticos (Mondin e Neto, 2006).

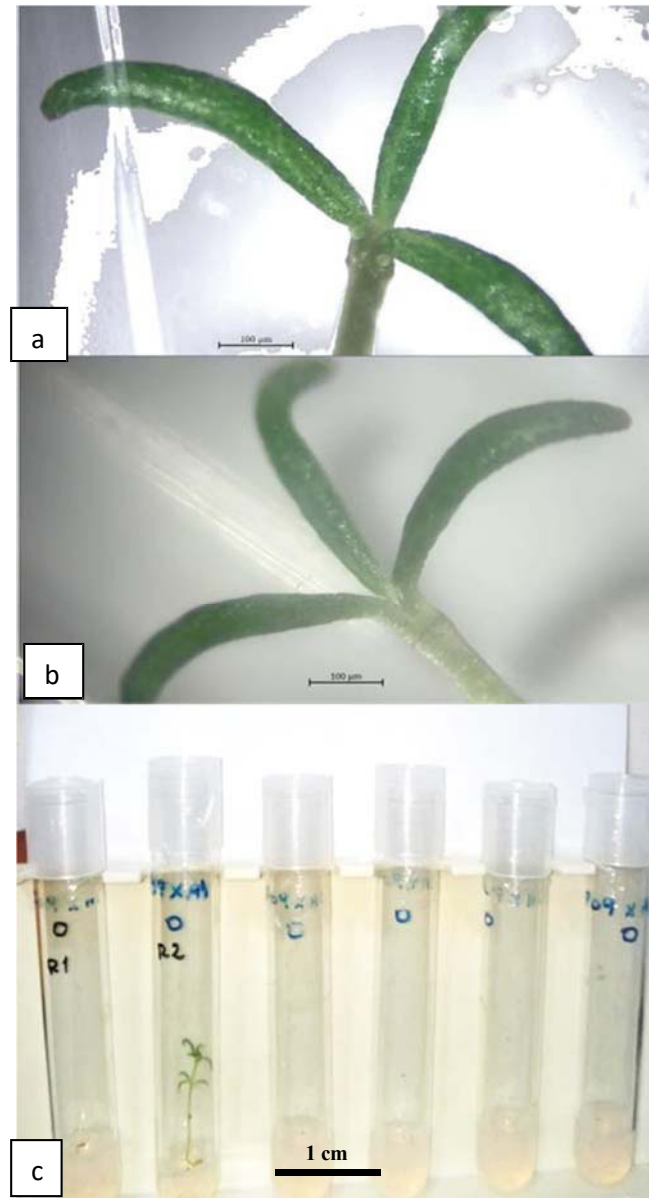


Figura 4. Detalhe de planta em tubo de ensaio submissão em meio de poliploidização (a; b) e planta dentro do tubo ao lado de outros onde não houve regeneração (c).

Crescimentos de híbridos

Verificou-se interação significativa ($p \leq 0,01$) entre genótipos e semanas tanto para o número de folhas como para o número de galhos (Tabela 2). Estes resultados demonstram que os híbridos de beldroega se comportaram diferente para estas características nas diferentes semanas de crescimento.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas e número de galhos de *Portulaca* spp.

FV	QUADRADOS MÉDIOS		
	GL	NUMERO DE FOLHAS	NUMERO DE GALHOS
Parcela	20	192,61**	56,1452**
Subparcela	3	689,976**	199,291**
Interação G/M	60	706.10**	157,99**
Erro a	42	276,42	764,34
Erro b	126	12,96	80,40
Erro (a,b)	168	16,63	79,41
Media		29,80	82,48
Herdabilidade		55,71	72,56
Cvg(%)		31,72	22,33
Cve(%)		55,78	33,51
Cvpsd(%)		38,20	34,37

^{ns} não significativo e **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O número de folhas aumentou ao longo dos meses em todos os híbridos caracterizados (Tabela 3). O híbrido com maior crescimento nos quarto meses foi o A1 x A5. De acordo com Souza et al. (2024), plantas com maior número de folhas possuem potencial para serem utilizadas como coberturas de solo.

Todos os híbridos apresentaram crescimento no número de galhos ao longo dos meses de avaliação, porém o híbrido que manteve o maior numero de galhos em todo o período de avaliação foi o TIF4 x LAB2. Talei et al. (2020) não encontrou diferenças para número de galhos em, *P. oleracea*. Este fato demonstra a importância do germoplasma avaliado neste trabalho.

TABELA 3. Médias de crescimento para número de folhas, em porcentagem de crescimento, de 21 híbridos de *Portulaca* spp. Avaliados em quatro meses, Areia – PB, UFPB, 2024.

GENÓTIPOS	MÊS			
	1	2	3	4
TIF8XLAB2	124.33Ca(121)	796.33Ca(569,66)	3991.33Bb(1.091)	7765.00Ab(1.209)
TIF5XA13	103.66Ca(120)	715.66Ca(648,33)	4406.00Bb(1160,66)	8043.33Ac(1540,66)
TIF5XPO9	87.66Ca(119)	650.33Ca(624,33)	3808.33Bb(1129)	6894.66Ac(1276,66)
TIF4XLAB2	37.00Ca(127)	447.00Ca(716,66)	3142.00Bb(1593)	7004.33Ac(1989)
JP5XTIF8	86.67Ca(204)	647.00Ca(966)	3425.00Bb(2448)	9011.00Ab(2905)
TIF5XLAB1	156.67Ca(169)	927.33Ca(999,33)	5947.66Bb(1658)	10233.33Ab(1547)
TIF4XJP1	216.00Ca(233)	1163.67Ca(871,66)	4624.33Bb(1588)	8489.00Ab(2128)
TIF4XAT2	132.33Ba(175)	830.33Ba(768,66)	3903.67Ab(1065,66)	5500.67Ac(915)
TIF8XA1	57.33Ca(123)	529.33Ca(658)	3279.33Bc(1252,66)	6313.33Ac(1413,66)
PO9XA1	51.33Aa(150)	504.67Aa(155)	539.33Ac(168,33)	622.67Ac(203,66)
PO9XA6	114.33Aa(160)	758.00Aa(121)	563.67Ac(116)	519.33Ac(110)
TIF8XPO20	102.00Ba(150)	707.33Ba(737,33)	3816.00Ac(1090,66)	5859.00Ac(1282,33)
TIF8XAT2	37.67Ca(148)	450.33Ca(853,33)	3003.33Bb(1658,33)	5914.67Ac(2120,66)
A11XA13	92.00Ca(163)	668.67Ca(1006,33)	4585.67Bb(2050,33)	9140.33Ab(2778,66)
A11XA5	47.00Ca(128)	487.33Ca(923)	4282.00Bb(1945,33)	9204.33Ab(2679,66)
JP3XPO001	12.00Ca(123)	348.00Ca(960,33)	3382.67Bb(1895,66)	6768.33Ac(2367,33)
A12XJP3	76.33Ca(157)	605.67Ca(884,66)	3878.33Bb(1956,66)	8945.00Ab(2555,33)
A5XJP1	18.00Ca(99)	373.67Ca(881,33)	4024.33Bb(1961)	9185.000Ab(2264,66)
A1XA5	200.00Ca(179)	1099.67Ca(1548)	10349.67Ba(2324,33)	15078.0000Aa(3267)
A12XJP5	138.33Ca(207)	853.33Ca(883,33)	3958.33Bb(1769,66)	7721.00Ab(2290,33)
A13XJP3	89.00Ba(164)	655.33Ba(566,33)	2549.33Ab(1.040,66)	4489.00Ad(1.747,66)

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna , não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

TABELA 4. Médias de crescimento para número de galhos, em porcentagem de crescimento, de 21 híbridos de *Portulaca* spp. Avaliados em quatro meses, Areia – PB, UFPB, 2024.

GENÓTIPOS	MÊS			
	1	2	3	4
TIF8XLAB2	1066.66Ba(35.00)	7600.00Aa(231)	9966.66Aa(302)	14333.33Ab(433)
TIF5XA13	1233.33Ba(40.00)	7766.66Aa(236)	9866.66Aa(299)	12166.66Ac(368)
TIF5XPO9	1166.66Ba(38.00)	7566.66Aa(230)	10100.00Aa(306)	12933.33Ac(391)
TIF4XLAB2	1433.33Ca(46.00)	6466.66Ba(197)	9700.00Ba(294)	26700.00Aa(804)
JP5XTIF8	1066.66Ba(35.00)	6333.33Ba(193)	11866.66Aa(359)	15866.66Ab(479)
TIF5XLAB1	1433.33Ca(46.00)	8800.00Ba(267)	12866.66Aa(389)	16766.66Ab(506)
TIF4XJP1	1100.00Ca(36.00)	10000.00Ba(303)	11733.33Ba(355)	20466.66Ab(617)
TIF4XAT2	1466.66Ba(47.00)	10400.00Aa(315)	10266.66Aa(311)	15133.33Ab(457)
TIF8XA1	1300.00Ba(42.00)	6266.66Aa(191)	7300.00Ab(222)	10366.66Ac(314)
PO9XA1	1233.33Aa(40.00)	3800.00Aa(117)	3700.00Ab(114)	7933.33Ad(241)
PO9XA6	1266.66Aa(41.00)	2433.33Aa(76)	2133.33Ab(67)	3466.66Ad(107)
TIF8XPO20	1500.00Ba(48.00)	6900.00Ba(210)	11266.66Ba(341)	15766.66Ab(476)
TIF8XAT2	1266.66Ca(41.00)	8666.66Ba(263)	10833.33Ba(328)	19333.33Ab(583)
A11XA13	1200.00Da(39.00)	7166.66Ca(218)	12633.33Aa(382)	18633.33Ab(562)
A11XA5	1333.33Ba(43.00)	8166.66Ba(248)	8366.66Aa(254)	11666.66Ac(353)
JP3XPO001	1433.33Ca(46.00)	7500.00Ba(228)	11233.33Ba(340)	16733.33Ab(505)
A12XJP3	1800.00Ca(54.00)	6700.00Ba(204)	9000.00Aa(273)	15600.00Ab(471)
A5XJP1	1366.66Ba(44.00)	6900.00Ba(210)	11100.00Aa(336)	13833.33Ac(418)
A1XA5	1866.66Ca(59.00)	9866.66Ba(299)	12833.33Ba(388)	18066.66Ab(545)
A12XJP5	1833.33Ba(58.00)	5866.66Ba(179)	8500.00Ba(258)	15000.00Ab(453)
A13XJP3	1033.33Ba(34.00)	4100.00Ba(126)	7266.66Ab(221)	11900.00Ac(360)

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

Conclusões

O resgate de embriões se mostrou uma ferramenta essencial para a obtenção de plantas híbridas a partir de cruzamentos intra e interespecíficos. Ao superar barreiras reprodutivas naturais, essa técnica ampliou as possibilidades de explorar combinações genéticas favoráveis, permitindo a geração de descendentes com características desejáveis, como vigor e resistência.

A poliploidização permite a restauração da fertilidade de embriões resgatados, além de gerar possíveis novas combinações genéticas.

A variabilidade encontrada nas características de crescimento avaliadas é essencial para o melhoramento da cultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. Principles of plant breeding. John Wiley Sons Inc. **New York**. 1960. 485p.
- BARREIRA, T. F., PAULA FILHO, G. X., RODRIGUES, V. C. C., ANDRADE, F. M. C., SANTOS, R. H. S., PRIORE, S. E., & PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.. Diversidade e equitabilidade de plantas alimentícias não convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Rev Bras Pl Med*, 17(4), 964-74, 2015.
- BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. Ed. Rev. E ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 523;
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Hortaliças não-convencionais: (tradicionalis)Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: **MAPA**, 2010. 52p;
- BRESSAN, R.A. et al. Stress-adapted extremophiles provide energy without interference with food production. **Food Security**, v.3, n.1, p.93-105, 2011.
- CHOWDHARY, C., MERUVA, A., K, N. & ELUMALAI, R. A review on phytochemical and pharmacological profile of *Portulaca Oleracea* Linn. (Purslane). *International Journal of Research*, 4(1),3437, 2013.
- COELHO, A. A. O. P.; GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M. et al. Synonymies and typifications in *Portulaca* (Portulacaceae) of Brazil. **Kew Bull** 65, 37–43, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12225-010-9187-2>;

COELHO, A. A. O. P.; GIULIETTI, A. M.; O gênero *Portulaca* L. (Portulacaceae) no Brasil. **Acta Bot. Bras.** 24 (3), Set 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000300009>;

Cruz, C. D. *Programa genes (Windows): aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa, MG: UFV, 2018.

DALL'AGNOL, M.; Indução de poliploidia no melhoramento de plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1, p. 155-164, 2003.

DA ROCHA NETO, C. A importância da inserção de plantas alimentícias não convencionais. *panc's* na alimentação humana, Trabalho de conclusão de curso, UNB, Brasília, 2017.

DIAS, R. N.; SILVA, T. P. S.; MATOS, S. M.; SILVA, D. M. S.; SILVA, E. S.; SANTOS, C. S. V.; DURIGAN, M. F. B. Potencial do uso da beldroega na segurança alimentar de comunidades em situação de risco e vulnerabilidade social. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 11, n. 01, p. 259–265, 2018.

DKHILL, M., MONIEM, A., ALQURAISHY, S. & SALEH, R. Antioxidant effect of purslane (*Portulaca oleracea*) and its mechanism of action. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(9), 15891563, 2011.

EMPERAIRE, L., ELOY, L., & SEIXAS, A. C. Redes e observatórios da agrobiodiversidade, como e para quem? Uma abordagem exploratória na região de Cruzeiro do Sul, Acre. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 11(1), 159192, 2016.

ERKAN, N. Antioxidant activity and phenolic compounds of fractions from *Portulaca oleracea* L.. *Food Chemistry* 133, 775781, 2012.

FAO IFAD UNICEF WFP WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. **Safeguarding Against Economic Slowdowns and Downturns**. FAO. <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>.

FARO, I. A. M.; KÜHL, P.; SANTOS, T. O.; COSTA, E. M. R.; AUD, F.; SEREJO, J. A. S.; Amorim, E. P. Sobrevivência de explantes de bananeira submetidos ao tratamento com orizalina. **13a Jornada Científica** – Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2019.

GOLSHAN ZOFOORI, M.; AGHDAMSHAHRYAR, H.; CHEKANIAZAR, S.; AHADI, F. Effects of diet supplementation with Purslane (*Portulaca oleracea* L.) on

growth performance of Moghani lamb. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, v.3, n. 9, p. 115-118, 2013.

IPGRI. Neglected and underutilized plant species: strategic action plan of the International Plant Genetic Resources Institute. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 30p.

KING, L. et al. Industry self regulation of television food advertising: Responsible or responsive?. **International journal of pediatric obesity**, v.6, n.2, p.390-98, 2011, 2002.

JACOBSEN, S.-E., SØRENSEN, M., PEDERSEN, S.M., WEINER, J.. Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. **Agron. Sustainable Dev.** 33 (4), 651–662. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0138-9>, 2013.

KUMAR A, A.; SREEDHARAN, S.; KASHYAP, A. K.; SINGH, P.; RAMCHARY, N. A review on bioactive phytochemicals and ethnopharmacological potential of purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Heliyon** 8, 2022.

KELEN, M. E. B., NOUHUYS, I. S., KEHL, L. C., BRACK, P., & SILVA, D. B. D. (2015). Plantas alimentícias não convencionais (PANCs): hortaliças espontâneas e nativas. *UFRGS: Porto Alegre*.

KINUPP, V.F.; BARROS, I.B.I.D. Riqueza de Plantas Alimentícias Não-Convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.1, p.63-65, 2007.

LOBATO, L., SILVA, S. G. D., CRAMÊS, M., SANTOS, C. T., & GRAÇA, P. Planejamento de refeições vegetarianas para crianças em restauração coletiva: Princípios Base, 2016.

LUIZZA, M.W. et al. Local Knowledge of Plants and their uses among Women in the Bale Mountains, Ethiopia. **Ethnobotany Research & Applications**, v.11, n.1, p.315-39, 2013.

MAGUVU, T. E., SHIMIZU-YUMOTO, H., SHIBATA, M. Difference in Flower Longevity and Endogenous Ethylene Production of *Portulaca umbraticola* Cultivars. **The Hort. Jnl.** 2015.

MONDIN, M.; NETO, A. T. Poliploidização artificial e suas aplicações na cultura de tecidos vegetais. **Revista Brasileira de Biociências**, 4(2), 894-896, 2006.

MONTOYA-GARCÍA, C. O.; GARCÍA-MATEOS, R.; BECERRA-MARTÍNEZ, E.; AGUILAR, R. T.; VOLKE-HALLER, V. H.; VILLAR, J. M. Bioactive compounds of

purslane (*Portulaca oleracea* L.) according to the production system: A review. **Scientia Horticulturae** 308, 2023.

MURASHIGE T; SKOOG F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15, 473-497, 1962.

PADULOSI, S; HOESCHLE-ZELEDON, I. 2004. Underutilized plant species: what are they? *LEISA Magazine*, 20(1).

RAZA, A., ZAHRA, N., HAFEEZ, M.B., AHMAD, M., IQBAL, S., SHAUKAT, K., AHMAD, G. Nitrogen fixation of legumes: biology and Physiology. **The Plant Family Fabaceae. Springer, Singapore**, pp. 43–74. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-4752-2_3, 2020.

SOARES FILHO, A. O., DE PAULA, A., DOS SANTOS, A. A., DE OLIVEIRA, C. V., D'SOARES, C. S., DOS SANTOS, F. S., ... & PEREIRA, J. E. S. *Plantas ruderais no Planalto Conquistense, Bahia e sua importância*, 2016.

SOUZA, J. D. S., RÊGO, E. R. D., FREITAS, N. D. S. S., PESSOA, A. M. D. S., SILVA, P. D., & RÊGO, M. M. D. Phenotypical characterization of *Portulaca umbraticola*: A non-conventional edible ornamental crop. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 46, e62326, 2024.

TALEI, D., LABBAF, N., & NAJI, A. Genetic diversity of purslane populations of Iran based on some morphological and biochemical traits. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 12(2), 2020.

YOUSSEF, K. & MOKHTAR, S. Effect of Drying Methods on the Antioxidant Capacity, Color and Phytochemicals of *Portulaca oleracea* L. Leaves. *Nutrition and Food Sciences*, 4(6), 16, 2014.

ZHOU, Y., XIN, H., RAHMAN, K., WANG, S., PENG, C. & ZHANG, H. *Portulaca oleracea* L.: a review of phytochemistry and pharmacological effects. Hindawi Publishing Corporation, *BioMed Research International*, 2015, 112. em: <http://www.rbc.acbc.org.br/index.php?option=comcontent&view=article&id=70&Itemid=85>, 2015.

BIOPROSPECÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS ETANÓLICOS, HIDROLATOS E EMULSÕES VEGETAIS SOBRE A COCHONILHA *Antecerooccus parahybensis* (Hampei, 1927)

Raissa Fernandes Santos da Silva¹

Adelmo Ferreira Silva²

Joseliane Fernandes Miguel dos Santos³

Marcos Barros de Medeiros⁴

Resumo

Antecerooccus parahybensis é uma cochonilha fitófaga do cafeeiro. Avaliou-se o potencial de ação e eficiência de tinturas vegetais sobre *A. parahybensis*. Avaliou-se os seguintes tratamentos: T1- Tintura de Caju 100 ml + Detergente 10 ml+Água 900 ml; T2 - Tintura de Crajiru 100 ml +3 ml de detergente+900ml de Água; T3-Tintura de Croton 100 ml +3 ml de detergente+900ml de Água; T4- Tintura de Alho 100 ml +Detergente 10 ml+Água 900 ml; T5(controle) Detergente neutro 10 ml + 990 ml de água. Quantificou-se a densidade de insetos vivos no caule e na parte aérea (10 plantas). A estatística descritiva e calculados a eficiência de controle realizados por Henderson & Tilton (1955). A eficiência de controle, em relação ao antes e depois das aplicações, foi comparada pelo teste não paramétrico de Wilcoxon (Teste Z). A tintura de Alho apresentou eficiência de controle de *C. parahybensis* (24,3%, $P < 0,05$).

Palavras-chave: Brejo paraibano. Cochonilha. Cultura do Café. Tinturas vegetais.

Introdução

O *Cerococcus parahybensis* (Hempel, 1927) é um exemplo de inseto fitófago sugador da ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha, superfamily Coccoidea, family Cerococcidae. Atualmente, segundo o Scalenet, *Cerococcus parahybensis* é agora "*Cerococcus parahybensis*" (Hempel, 1927), nova combinação em Hodgson & Williams 2016: 135. Por volta de 1920, a praga denominada *Cerococcus parahybensis* se alastrou pelos cafezais e, juntamente com o fungo causador doença da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia*

¹ rayssafernandesbn@gmail.com

² adelmo.silva@academico.ufpb.br

³ joseliane.fernandes2016@gmail.com

⁴ marcos.barros@academico.ufpb.br. Bioprospecção de extratos vegetais etanólicos, hidrolatos e emulsões vegetais sobre a cochonilha *Antecerooccus parahybensis* (Hempel, 1927), telefone 3216-7570 email cgpaic@propesq.ufpb.br

vastatrix), somados a falta de investimentos e de assistência técnica, fez com que a cultura do café praticamente desaparecesse no Brejo paraibano, em meados do século XX. (Lima, 1940; Moreira, 1997).

Todos da espécie *Coffea arabica*, originária da Etiópia e também entre as primeiras espécies de café a ser cultivadas no Brasil. A repercussão foi tão importante que o Congresso Nacional aprovou e foi sancionada pelo Governo Federal a LEI Nº 748, DE 23 DE JUNHO DE 1949 autorizando a abertura de crédito especial para aquisição de inseticida e máquinas e autorizou a importância de Cr\$ 100.000.000,00 (cem milhões de cruzeiros a que se refere este artigo, será retirada a quantia de Cr\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de cruzeiros), para ser empregada, pelo Ministério da Agricultura, em cooperação com a Secretaria da Agricultura do Estado da Paraíba, nos estudos e combate ao "Cerococus Paraibensis", praga que atacou os cafeeiros do referido Estado.

Atualmente em Bananeiras, no Departamento de Agricultura da Universidade Federal da Paraíba, mantém em avaliação, desde o ano 2017. Tem-se observado o comportamento desses genótipos com cerca de 700 plantas de café, organizados num sistema agroflorestral, sombreados, e em consórcio, com árvores da leguminosa Gliricídia, com cerca de 20 anos.

Recentemente foram detectados nas plantas do Campus de Bananeiras, a infestação da cochonilha *Cerococcus parahybensis* atualmente renomeada para *Cerococcus parahybensis* (Hempel, 1927), segundo o Scalenet, em nova combinação em Hodgson & Williams 2016: 135. Seu controle químico é difícil porque as escamas precisam ser raspadas ou escovadas das plantas (Le Pelley, 1968; Scalenet, 2023). As primeiras referências da ocorrência dessa espécie em cafezais no Brasil, foram descritas no município de Bananeiras, cujos autores e descritores foram relatados por Costa Lima (1940) em seu tratado registrado na coletânea Insetos do Brasil.

Uma descrição detalhada dessa espécie e ilustração estão no trabalho de Lambdin & Koszt Arab (1977a). Hamon & Koszt Arab (1979) fornecem uma descrição detalhada e ilustração do primeiro ínstar. As cochonilhas são consideradas pragas que parasitam e sugam a seiva da planta, que no caso do cafeeiro, pode reduzir a sua produtividade.

Em 2017, os Departamentos de Agricultura do CCHSA em Bananeiras e o de Fitotecnia do CCA em Areia implementaram com em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) viabilizaram a implantação de um banco de germoplasma, sendo com 21 genótipos no município de Areia e 12 genótipos no município de Bndo dar-lhes um aspecto de ouriço e propiciando assim proteção aos mesmos. Em 2016,

tenham-se descrito pelo menos 8194 espécies, classificadas em 50 famílias (MORALES et al. 2016; Lima, 1940; Fornazier et al. 2017).

A pesquisa sobre a cafeicultura na Paraíba pode ajudar a entender melhor esses problemas fitossanitários do setor e identificar oportunidades para melhorar a produção e a qualidade do café. Além disso, pode ajudar a identificar os desafios enfrentados pelos produtores de café na Paraíba e a desenvolver soluções para esses desafios. A pesquisa também pode ajudar a promover o desenvolvimento sustentável da cafeicultura na Paraíba, garantindo que a atividade seja ambientalmente responsável e socialmente justa.

Esse inseto é capaz de provocar danos na cultura tanto quando se encontra na fase adulta, como na fase de ninfa, caracterizando-se por um inseto sugador de seiva ingerindo toxinas e liberando substâncias, o que pode provocar clorose, deformação e queda foliar e de frutos. Além disso, insetos dessa ordem de maneira indireta podem transmitir viroses que facilitam o surgimento de doenças em vegetais (Bellotti et al., 2012). Uma forma alternativa de combate sem o uso indiscriminado de inseticida sintético são os inseticidas de origem botânica (Baldin, et al, 2015).

O controle de *A. parahybensis* ainda não é realizado pela aplicação de inseticidas químicos sintéticos. A baixa eficiência de um inseticida, além dos elevados custos, podem importar em prejuízos ao produtor e ao meio ambiente. O uso de métodos alternativos no controle de *A. parahybensis* ainda não é conhecido, visto que o inseto não tem apresentado ocorrência, em plantações de café, nos últimos 50 anos na Paraíba. Testes com extratos de espécies de meliáceas e timbós apontaram eficiência de controle de mosca branca, da ordem hemiptera, com extrato aquoso e hexânico das raízes de *D. amazônica* em relação aos extratos de meliáceas avaliados. O mesmo ensaio verificou que o óleo de andiroba também se apresenta como alternativa de controle desta praga (Oliveira, 2018).

Dessa forma propõe-se a hipótese do emprego de tinturas vegetais de composição oleosa ou emulsão pode representar uma alternativa viável ao controle de *A. parahybensis*.

Objetivos

Objetivo Geral

- Avaliar a ação de tinturas vegetais no controle populacional da cochonilha vermelha *Cerococcus parahybensis* (Hempel, 1927) em cultivo experimental de Café no Brejo Paraibano.

Objetivo Específico

- Verificar o potencial e eficiência de tinturas vegetais de Caju (*Anacardium occidentale* L.) Crajiru (*Arrabidaea chica*), Cróton (*Codiaeum variegatum*) e Alho (*Allium sativum*) sobre população da cochonilha vermelha *Cerococcus parahybensis* em plantas de Café no Brejo Paraibano.

Material e Métodos

Local de desenvolvimento da pesquisa

Os preparativos das tinturas e misturas para os testes de aplicação em ambiente de campo, foram conduzidos na Clínica Fitossanitária (Figura 1 A) do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Os bioensaios de campo foram conduzidos no Setor de Agricultura do CCHSA/UFPB em áreas afetadas pelo inseto.

Preparo e obtenção das tinturas vegetais

Para obtenção de extratos etanólicos (tinturas) (Figura 1 A e B), hidrolatos e emulsões oleosas, foram utilizadas as espécies vegetais: folhas do cajueiro (*Anacardium occidentale*), Crajiru (*Arrabidaea chica* Verlot), caule e folha de Croton / Brasileirinha (*Codiaeum variegatum*) e Alho (*Allium sativum* L) sendo utilizado na formulação também de hidrolatos e óleos emulsificados. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) realizados em dois momentos: O primeiro bioensaio com 3 tratamentos (tinturas de Cajú, Crajiru e Croton) com 10 repetições, sendo avaliados uma vez antes da aplicação e aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos em pulverização na planta. Cada repetição foi constituída de uma planta aleatória de café de um cafezal com 700 plantas. O segundo bioensaio foi realizado somente com a tintura de bulbos de alho. Em ambos os bioensaios foram utilizados somente água + detergente neutro a 1% como controle (testemunha).

Desenvolvimento e condução do experimento

Os experimentos de campo foram conduzidos no SAF-CAFÉ, área com 700 pés de café, localizado no setor de Agricultura, ligado ao Departamento de Agricultura (DA) e no

Laboratório da Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA), da Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras-PB.

Figura 1. Laboratório de fitossanidade (A); Preparação das tinturas (B e C); Processo de filtração e obtenção das tinturas (C).



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 2. Processo filtração e obtenção das tinturas (A). Preparo e obtenção das diluições das tinturas (B e C).



Fonte: Autoria própria, 2023.

O processo de aplicação das tinturas vegetais foi realizada por meio de pulverizações (Figura 3 A) contendo doses de água como testemunha, e mistura a 5% e 10% de tinturas, hidrolatos e emulsões, como tratamentos, sobre a parte aérea da planta (caule e folhas) em todo seu comprimento, e avaliadas após 7, 14 e 21 dias.

Figura 3. Pulverização sendo aplicada (A); Fruto do cafeeiro, café (coffea arabica) (B); Cochonilha vermelha (C).



Fonte: Aatoria própria, 2023.

Foram quantificados a densidade de insetos vivos num trecho pré-estabelecido (30 cm) no caule na parte aérea da planta, antes da aplicação e a realização de novas contagens do número de indivíduos no mesmo trecho a cada 7 dias após a aplicação, quantificando-se a densidade média populacional por planta.

As avaliações das plantas, organizadas por tratamentos e repetições, foram realizadas semanalmente, antes e depois da aplicação das tinturas vegetais, por meio de vistoria com o auxílio de uma lupa manual para a identificação de insetos fitófagos e de possíveis agentes fitopatogênicos e entomopatogênicos que poderiam aparecer na cultura.

Os dados foram tabulados e precedidos de tratamento de estatística descritiva e calculados a eficiência de controle pelo modelo matemático estabelecido por Henderson & Tilton, estabelecidos por Püntener W. (1981), em seu manual para testes de campo em proteção de plantas segunda edição da Divisão Agrícola, Ciba-Geigy Limited. As médias de eficiência de controle em relação ao antes e depois das aplicações foram comparadas pelo teste não paramétrico de Wilcoxon (Teste Z).

Resultados e Discussão

A eficiência de controle (%) de cada tintura vegetal avaliada está detalhada nas tabelas 01 a 04. O tratamento do Alho foi o que produziu efeito significativo aos 7 dias, por uma exiguidade de tempo não foi possível avaliar os 14 e 21 dias. Os tratamentos de Caju, Croton e Crajiru foram avaliados durante 7, 14 e 21 dias após a pulverização, mas não produziram efeito de controle significativo, não diferindo estatisticamente da testemunha

Discussão sobre uma cochonilha parecida

Dentre os problemas que representam perda na produção e produtividade da cultura do café conilon no Espírito Santo, a cochonilha branca da roseta, *Planococcus minor*, vem tomando papel de praga-chave há alguns anos, em diversos municípios do Estado, principalmente nos anos de ocorrência de déficits hídricos acentuados.

O inseto é citado na literatura em uma ampla variedade de hospedeiros, atacando a base dos frutos do cafeeiro, onde fica protegido dos inimigos naturais e da ação de defensivos. O ataque ocorre, inicialmente, em reboleiras, disseminando-se à medida que se observa um aumento de sua população, com consequente aumento da sucção de seiva e queda considerável de frutos ainda verdes. A incidência da cochonilha branca foi relatada por Fornazier et al (2000 e 2001).

atacando café conilon nas regiões norte, central e sul do Estado do Espírito Santo, com incidência concentrada nas rosetas, estando presente desde a safra agrícola 94/95. Aloja-se nas raízes durante o inverno e se dissemina para a parte aérea através de formigas e por caminhamento próprio. Com o incremento na área atacada pela praga torna-se necessário o desenvolvimento de medidas emergenciais para seu manejo.

Visando determinar a eficiência de produtos químicos no controle da cochonilha branca, aplicados através de pulverização foliar, foram instalados, nas safras agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002, dois experimentos em lavouras adensadas e irrigadas de *Coffea canephora*, compostas por clones de maturação precoce, implantados no espaçamento de 2,0 x 1,5m.

Os experimentos foram conduzidos em propriedade de agricultor, no município de Itarana/ES, a 300m de altitude, em lavouras de café conilon fertirrigado por gotejamento com idade de 3 e 4 anos, respectivamente, onde previamente foi constatada a presença da praga-alvo no ano anterior. O delineamento experimental utilizado para os dois experimentos foi o de blocos casualizados, sendo que o primeiro experimento foi conduzido com 16 tratamentos e o segundo com 14, com quatro repetições.

No experimento conduzido na safra 2000/2001, foram testados diversos produtos químicos em pulverização, assim como duas épocas de pulverização. No experimento da safra 2001/2002, procurou-se realizar o controle da praga de acordo com seu aparecimento e/ou ressurgência na lavoura.

A aplicação dos produtos foi realizada com pulverizador costal manual e bico 12, com consumo de calda de 666,67 l/ha. Os produtos utilizados no experimento 1 foram: Acetamiprid, Clorpirifós+Betacyfluthrin, Dimethoate, Fenpropathrin, Imidacloprid, Spinosad, Thiacloprid, Thiamethoxan e Zetacypermethrin. No experimento 2, utilizou-se: Acetamiprid, Bifenthrin, Carbosulfan, Clorpirifós, Clorpirifós+Betacyfluthrin, Dimethoate, Fenpropathrin, Imidacloprid, Thiacloprid, Thiamethoxan e Zetacypermethrin.

As eficiências de controle foram obtidas através da avaliação da porcentagem de rosetas infestadas em 50 ramos de café tomados aleatoriamente na área útil das parcelas. A avaliação dos experimentos instalados na safra 2000/2001 foi realizada cerca de 30 dias antes da colheita do café, em maio/2001. Na safra 2001/2002, a primeira avaliação foi realizada em janeiro/fevereiro/2002 e a segunda em maio/2002. Os resultados mostraram-se bastante influenciados pelo potencial de infestação da lavoura, haja vista que os produtos testados na safra 2001/2002 apresentaram eficiências de controle muito superiores aos usados na safra 2000/2001.

O número de pulverizações a ser realizada depende da infestação da praga no campo, devendo ser acompanhada para tomada de decisão. Na safra 2000/2001 testaram-se duas épocas de aplicação, em setembro e em setembro e dezembro, observando-se que nenhuma delas foi suficiente para promover controle satisfatório da praga próximo à colheita. Nessa safra a alta pressão de infestação da praga fez com que se observasse o caminhamento inicial da cochonilha da roseta a partir de agosto/setembro, época em que foi realizada a primeira pulverização.

Na safra 2001/ 2002, as infestações foram mais tardias e com menor intensidade, provavelmente devido às chuvas que ocorreram na região. Os produtos que se destacaram foram o Clorpirifós, Clorpirifós + Betacyfluthrin, Dimethoate, Carbosulfan, Zetacypermethrin e Bifenthrin. Os neonicotinoides aplicados via foliar não apresentaram eficiências satisfatórias no controle da praga.

O fechamento das lavouras de café conilon, principalmente as implantadas em sistema de adensamento, pode se tornar um empecilho para a utilização de pulverizações foliares para o controle da cochonilha, embora, emergencialmente, o controle possa ser feito dessa forma, procurando-se observar o início das infestações e a ressurgência da praga após as aplicações. Deve-se também, evitar o uso continuado do mesmo grupo químico visando o não desenvolvimento de resistência.

Tabela 01 - Eficiência de controle de *Antecerooccus parahybensis* (Hempel, 1927) em cultivo experimental de Café em plantas de Café (*Coffea Arabica* L) após 7 dias submetidos a pulverização de diferentes tinturas vegetais Hidroetanolicas. UFPB, 2023.

TRATAMENTO *	POPULAÇÃO.I NICIAL	POPULAÇÃO FINAL	E.C** (%)	VALOR Z***	VALOR P***
Tintura Caju	18	19	9,79	-0,11	0,4529
Tintura Crajiru	198	193	11,15	-0,01	0,4955
Tintura Croton	108	92	22,7	0,47	0,3188
Controle	147	157	-	-	-

*Tratamento 1- Tintura de Caju 100 ml +Detergente 5 ml+Água 900 ml; *Tratamento 2 - Tintura de Crajiru 100 ml +5 ml de detergente+900ml de Água; *Tratamento 3- Tintura de Croton 100ml +5 ml de detergente+900ml de Água; *Tratamento (controle)- 4 Detergente neutro 5ml + 995 ml de água. **Estimado pelo método de Henderson e Tilton (1955). ***Valor de Z e P (Probabilidade) estimada pelo teste Wilcoxon

Tabela 02 - Eficiência de controle de *Antecerooccus parahybensis* (Hempel, 1927) em cultivo experimental de Café em plantas de Café (*Coffea Arabica* L) **após 14 dias** submetidos a pulverização de diferentes tinturas vegetais Hidroetanolicas. UFPB, 2023.

TRATAMENTO *	POPULAÇÃO.I NICIAL	POPULAÇÃO FINAL	E.C** (%)	VALOR Z***	VALOR P***
Tintura Caju	18	13,0	32,38	0,58	0,2789
Tintura Crajiru	198	174,1	16,77	0,18	0,4276
Tintura Croton	108	74,1	35,85	0,06	0,1440
Controle	147	157,1	-	-	-

*Tratamento 1- Tintura de Caju 100 ml +Detergente 5 ml+Água 900 ml; *Tratamento 2 - Tintura de Crajiru 100 ml +5 ml de detergente+900ml de Água; *Tratamento 3- Tintura de Croton 100ml +5 ml de detergente+900ml de Água; *Tratamento (controle)- 4 Detergente neutro 5ml + 995 ml de água. **Estimado pelo método de Handerson e Tilton (1955). ***Valor de Z e P (Probabilidade) estimada pelo teste Wilcoxon

Tabela 03 - Eficiência de controle de *Antecerooccus parahybensis* (Hempel, 1927) em cultivo experimental de Café em plantas de Café (*Coffea Arabica* L) **após 21 dias** submetidos a pulverização de diferentes tinturas vegetais Hidroetanolicas. UFPB, 2023.

TRATAMENTO *	POPULAÇÃO.I NICIAL	POPULAÇÃO FINAL	E.C**	VALOR Z***	VALOR P***
Tintura Caju	18	20,2	-8,89	-0,24	0,4043
Tintura Crajiru	198	155,2	18,83	0,33	0,3700
Tintura Croton	108	89	19,24	0,56	0,2866
Controle	147	140	-	-	-

*Tratamento 1- Tintura de Caju 100 ml +Detergente 5 ml+Água 900 ml; *Tratamento 2 - Tintura de Crajiru 100 ml +5 ml de detergente+900ml de Água; *Tratamento 3- Tintura de Croton 100ml +5 ml de detergente+900ml de Água; *Tratamento (controle)- 4 Detergente neutro 5ml + 995 ml de água. **Estimado pelo método de Handerson e Tilton (1955).

***Valor de Z e P (Probabilidade) estimada pelo teste Wilcoxon

Tabela 04 - Eficiência de controle de *Antecerooccus parahybensis* (Hempel, 1927) em cultivo experimental de Café em plantas de Café (*Coffea Arabica* L) **após 7 dias** submetidos a pulverização de tintura vegetal hidroetanolicas de Alho (*Allium sativum* L.). UFPB, 2023.

TRATAMENTO *	POPULAÇÃO.I NICIAL	POPULAÇÃO FINAL	E.C** (%)	VALOR Z***	VALOR P***
Tintura Alho	14,2	9,4	24,3%	1,909	0,056343
Controle	53	45	-		

*Tratamento 1- Tintura de Alho 100 ml +Detergente 10 ml+Água 900 ml; *Tratamento (controle)-4 Detergente neutro 5 ml + 995 ml de água. **Eficiencia de controle (%) Estimado pelo método de Handerson e Tilton (1955). ***Valor de Z e P (Probabilidade) estimada pelo teste Wilcoxon

Conclusão

- Fica evidenciado o não potencial de eficiência de controle localizado de tinturas vegetais de Caju (*Anacardium occidentale* L.) Crajiru (*Arrabidaea chica*), Cróton (*Codiaeum variegatum*) sobre população da cochonilha vermelha do Café (*Antecerooccus parahybensis*) em plantas de Café no Brejo Paraibano.

- A tintura de Alho foi a única que apresentou eficiência de controle de 24,3% ($P < 0,05$),

- É necessário novos testes exploratórios e em diferentes formulações (emulsões e tinturas) e concentrações para avaliação das curvas de efeito dose resposta e para melhor determinar as doses mais efetivas do extrato vegetal de Alho.

Referências Bibliográficas

BALDIN, E. L. L. et al. Botanical extracts: alternative control for silverleaf whitefly management in tomato. *Horticultura brasileira*, v. 33, n. 1. 2015

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. e LOURENÇÃO, A. L. Resistência de Genótipos de Tomateiro à Mosca-Branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology*. p. 345-441. 2005

Fornazier, M.J., Martins, D.S., Granara de Willink, M.C., Pirovani, V.D., Ferreira, P.S., & Zanuncio, J.C. 2017 Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) associated with arabica coffee and geographical distribution in the neotropical region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(4): 3083-3092.

Fornazier, M.J., Martins, D.S., Granara de Willink, M.C., Pirovani, V.D., Ferreira, P.S., & Zanuncio, J.C. 2017 Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) associated with arabica coffee and geographical distribution in the neotropical region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(4): 3083-3092. Hempel, A. 1927 *Cerococcus parahybensis* n. sp. nota preliminar. [Preliminary note on *Cerococcus parahybensis* n. sp.]. *Revista do Museu Paulista*. São Paulo 15: 387-390.

FORNAZIER, Maurício J. et al. Cochonilhas (Hemiptera: Coccoidea) associadas ao café arábica e distribuição geográfica na região neotropical. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, p. 3083-3092, 2017.

GARCÍA MORALES M, DENNO BD, MILLER DR, MILLER GL, BEN-DOV Y E HARDY NB. 2016. ScaleNet: Um modelo baseado na literatura de biologia de insetos escamados e sistemática. <http://scalenet.info>. Acesso em setembro em 30 de 2016.

Hamon, A. B. & M. L. Kosztarab. 1979. Morphology and systematic of the first instar of the genus *Cerococcus* (Homoptera: Coccoidea: Cerococcidae). Virginia State University Research Division Bulletin, 146: 1-122. Hempel, A. 1927 *Cerococcus parahybensis* n. sp. nota preliminar. [Preliminary note on *Cerococcus parahybensis* n. sp.]. Revista do Museu Paulista. São Paulo 15: 387-390. *Actas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, n. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/1817>



DISPONIBILIDADE DE MANGANÊS EM SOLOS DO AGRESTE PARAIBANO AVALIADA PELOS EXTRATORES MEHLICH-1, MEHLICH-3, HCl E DTPA

Santiago Alves de Oliveira¹; Matheus Henrique Cardoso de Araújo²; Lucas Brás Barbosa³;
Alexandre Paiva da Silva⁴

Resumo

A avaliação da disponibilidade de Mn nos laboratórios da Paraíba pelo extrator Mehlich-1 ainda carece de validação. Objetivou-se avaliar o desempenho dos extratores Mehlich-1 (M-1) e DTPA na avaliação do Mn disponível em solos do Agreste Paraibano. O delineamento foi o de blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2×5 e três repetições, sendo dois solos (Neossolo Litólico – RL e Planossolo Háplico – SX) e cinco doses de Mn (0, 10, 20, 40 e 60 mg dm⁻³). O extrator M-1 exibiu maior capacidade de extração em relação ao DTPA, sendo os extratores altamente correlacionados entre si. Os níveis críticos de Mn disponível pelos extratores M-1 e DTPA foram de 46,1 e 46,6 mg dm⁻³ para o solo RL e de 34,0 e 21,8 mg dm⁻³ para o solo SX, respectivamente. Os extratores M-1 e DTPA são adequados para estimar a disponibilidade de Mn apenas no solo RL.

Palavras-chave: micronutrientes. ensaios de correlação. nível crítico.

¹ santiagooliveira58@gmail.com

² mhca.matheus@gmail.com

³ lucasagroeco@gmail.com

⁴ paivadasilva@gmail.com, Desempenho de extratores para micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) em solos representativos do Estado da Paraíba / Disponibilidade de manganês em solos do Agreste Paraibano avaliada pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, HCl e DTPA, (83) 3216-7570, cgpaic@propesq.ufpb.br

Apresentação

Apesar da pequena extensão territorial, o Estado da Paraíba possui espaço físico bastante heterogêneo, com grande diversidade de tipologias climáticas (quente e úmido, semiárido quente), de relevo (Platôs Costeiros, Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja, etc) e vegetação (Formações Litorâneas, Formações Florestais e Caatingas). Assim, mesmo diante da relativa homogeneidade do material de origem (gnaisses, migmatitos e granitos do Pré-Cambriano) verifica-se a existência de solos com amplo espectro de evolução pedológica (Silva & Abrantes, 2017).

Contudo, a prevalência da combinação clima semiárido quente, vegetação Caatinga e relevo suave-ondulado determina a predominância de solos menos evoluídos pedologicamente (Neossolos Litólicos - 39%; Luvisolos - 26%; Neossolos Regolíticos e Planossolos - 10 %). Por outro lado, a ocorrência de solos mais evoluídos pedologicamente (Argissolos - 15% e Latossolos - 1%) está restrita aos domínios da Mesorregião da Mata Paraibana e, ocasionalmente, às regiões de Serras e Brejos de altitude da Mesorregião do Agreste Paraibano (Farias et al., 2009; Silva & Abrantes, 2017).

A Mesorregião do Agreste Paraibano, abrangendo uma área de aproximadamente 13,9 mil km² e 66 municípios, o que corresponde a 24,5% do território estadual, é composta por oito microrregiões: Curimataú Ocidental, Curimataú Oriental, Esperança, Brejo Paraibano, Guarabira, Campina Grande, Itabaiana e Umbuzeiro (Silva et al., 2021). Nessa Mesorregião, há forte influência das atividades ligadas ao setor agropecuário sobre os indicadores sociais e econômicos dos municípios, existindo grande diversidade de arranjos produtivos (fruticultura, caprinocultura, cotonicultura, ovinocultura, etc), com adoção de diferentes níveis tecnológicos. Há também grande diversidade de solos (Neossolos Litólicos e Planossolos), os quais apresentam algum tipo de limitação na sua fertilidade (acidez, salinidade, alcalinidade, etc), incluindo a baixa disponibilidade de micronutrientes (Almeida Junior et al., 2016).

A deficiência de micronutrientes nos cultivos agrícolas é um problema crescente, mundialmente disperso e associado a diversos fatores: a) aumento da intensidade dos cultivos; b) implantação de cultivos em solos de fertilidade marginal; c) introdução de variedades melhoradas geneticamente, mais produtivas e com maior demanda nutricional; d) utilização de fertilizantes fontes de N, P e K com elevado grau de pureza; e) diminuição do uso de resíduos orgânicos, e aumento das perdas da matéria orgânica do solo; f) supercalagem e; g) aprimoramento das análises de solo e de plantas como instrumentos de diagnose (Rengel, 2015).

O conhecimento da disponibilidade dos micronutrientes no solo, tradicionalmente avaliada por meio da análise química de solo, é de fundamental importância para uma recomendação de adubação adequada, evitando assim problemas de deficiência ou de toxidez (Milagres et al., 2007). No entanto, apesar de promissora e da vantagem de possibilitar o conhecimento prévio da disponibilidade onde será instalada a cultura, a análise de solo para micronutrientes tem seu uso ainda bastante restrito (Cantarutti et al., 2007).

Conceitualmente, a disponibilidade de um micronutriente no solo refere-se ao teor deste elemento resultante da inter-relação entre os fatores intensidade (I), quantidade (Q) e capacidade ou poder-tampão do solo (C) durante o ciclo da planta (Alvarez V., 1996; Abreu et al., 2004). Todavia, operacionalmente a disponibilidade de micronutrientes é avaliada por meio de um extrator químico apropriado, cujo teor extraído do solo se correlaciona estreitamente com o conteúdo do micronutriente determinado nas plantas (Bortolon & Gianello, 2009; Silva et al., 2009).

Os extratores químicos para avaliar a disponibilidade de micronutrientes catiônicos no solo estão agrupados em cinco diferentes classes: água, soluções salinas, soluções ácidas, reagentes complexantes/quelantes e reagentes oxidantes/redutores (Abreu et al., 2004; Silva et

al., 2009). Contudo, as soluções ácidas (HCl 0,1 mol L⁻¹ e Mehlich-1), ácidas diluídas com adição de agente complexante (Mehlich-3) e os reagentes complexantes/quelantes (EDTA e DTPA a pH 7,3) são os extratores mais utilizados nos laboratórios de solo do país (Abreu et al., 2007).

Sumarizando resultados de pesquisa com diferentes culturas, extratores e solos, Abreu et al. (2007) reportaram as principais diferenças no desempenho dos extratores para micronutrientes catiônicos. Em relação ao Zn, o método DTPA supera as soluções ácidas, devido ao seu poder complexante, mesmo em condições de baixa atividade do elemento em solução. Para Cu, o comportamento dos extratores (Mehlich-1, DTPA, Mehlich-3) é similar e os valores de correlação são muito próximos entre si. Quanto ao Mn, o comportamento das soluções ácidas e quelantes se equivalem, mas há tendência de aceitar o DTPA como a melhor opção. Para o Fe as soluções extratoras mais empregadas são Mehlich-1, DTPA e HCl.

Vale ressaltar, entretanto, que grande parte dos trabalhos de correlação para micronutrientes no Brasil foram realizados com solos de maior grau de desenvolvimento pedogenético, geralmente caulíníticos e com forte influência de óxidos, nos quais os fenômenos de adsorção são mais expressivos (Vendrame et al., 2007; Bortolon & Gianello, 2009; Bruneto et al., 2014); por outro lado, os trabalhos com solos de menor grau de desenvolvimento pedogenético são comparativamente mais escassos (Biondi et al., 2011; Sobral et al., 2013; Almeida Junior et al., 2016).

No Estado da Paraíba, as pesquisas com micronutrientes ainda são incipientes e pouco abrangentes, havendo poucas informações sobre a influência dos mesmos na produção agrícola e, particularmente, no que se refere ao desempenho de extratores químicos (Sousa et al., 2006). Assim, os laboratórios que avaliam micronutrientes no solo adotam o extrator Mehlich-1 (decantação de 16h) como a metodologia padrão para a determinação dos micronutrientes catiônicos Cu, Fe, Mn e Zn. Contudo, se desconhecem os detalhes dos ensaios de correlação que subsidiaram essa escolha e não se dispõe de níveis críticos e de classes de interpretação da disponibilidade, sendo usados valores de referência gerados em outras regiões ou de estados vizinhos.

Neste sentido, considerando que a economia do Estado da Paraíba tem na agropecuária, importante fonte de receitas, torna-se vital o conhecimento mais aprofundado da fertilidade de seus solos, no sentido de proporcionar o estabelecimento de sistemas de produção mais sustentáveis, sob o ponto de vista econômico, social e ambiental. Assim, visando embasar o manejo nutricional das culturas de maior interesse econômico no Estado encontra-se em execução um projeto de pesquisa de caráter multidisciplinar e interinstitucional, cujo objetivo geral consiste em avaliar a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos Cu, Fe, Mn e Zn em solos representativos do Estado da Paraíba, determinada por quatro diferentes métodos de extração (HCl, Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA a pH 7,3).

Neste contexto, e como parte integrante deste projeto, o presente estudo teve por objetivo geral avaliar o desempenho métodos de extração Mehlich-1, Mehlich-3, HCl e DTPA na avaliação do teor de Mn disponível em solos representativos da mesorregião do Agreste Paraibano. Os objetivos específicos foram: a) determinar as taxas de recuperação de Mn, em função das doses aplicadas; b) estabelecer o nível crítico de Mn avaliada pelos quatro extratores avaliados nos referidos solos.

Fundamentação Teórica

O manganês (Mn) é considerado o 11º elemento mais abundante na natureza, apresentando teor na crosta terrestre de aproximadamente 900 mg kg⁻¹ (Dechen & Nachtigall, 2007). Possuindo comportamento geológico e químico similar ao do elemento Fe, o Mn está distribuído em diversos ambientes geológicos, podendo ser encontrado numa grande variedade de rochas (Abreu et al., 2007).

A concentração de Mn total no solo varia de 0,02 a 3,0 g kg⁻¹, com média de 0,6 g kg⁻¹, sendo as diferenças influenciadas pelo material de origem; assim, solos formados a partir de rochas ígneas, sobretudo as de origem vulcânica, exibem maiores teores de Mn em relação às de origem metamórfica e sedimentar (Dechen & Nachtigall, 2007).

A quantidade total de Mn no solo encontra-se distribuída em diferentes “pools” ou compartimentos e ligados a eles por meio de ligações químicas com diferentes níveis de energia (Fontes et al., 2021; Wang et al., 2022). Conforme Abreu et al. (2007), O Mn pode estar associado aos seguintes componentes do solo: solução, superfície inorgânica, matéria orgânica, óxidos, minerais primários e secundários.

O Mn no solo é componente de óxidos, carbonatos, sulfatos e sulfetos, predominando as formas de óxidos e sulfetos, geralmente em associação com o Fe. São exemplos destas principais formas de Mn no solo: dióxidos [pirolusita (MnO₂) e manganita (Mn₂O₃H₂O)], hidróxidos [psilomelana (MnO₂nH₂O)], silicatos [rodonita (MnSiO₃)] e carbonatos [rodocrosita (MnCO₃)] (Abreu et al., 2007).

Os óxidos de Mn encontrados no solo são geralmente formados a partir da precipitação química e, ou, bioquímica da solução e, ou, pela cristalização dos colóides; tais óxidos ocorrem como partículas finamente dispersas, mas também na forma de revestimentos (mangãs) descontínuos (pretos, brunados) na superfície de agregados e, ou, preenchendo poros na forma de concreções e, ou, nódulos (Carvalho Filho et al., 2011)

O Mn pode ser encontrado no solo em diferentes formas químicas (Mn²⁺, Mn³⁺ e Mn⁴⁺), prevalecendo em condições redutoras os compostos de Mn²⁺ e, em condições oxidantes o Mn⁴⁺ (Carvalho Filho et al. 2011; Faria, 2019). O Mn pode ser absorvido pelas plantas como Mn²⁺, sendo a sua absorção controlada metabolicamente de forma similar àquela que ocorre para Ca e Mg. O Mn ocorre na seiva das plantas na forma livre de Mn²⁺, havendo grandes variações nas concentrações durante as fases de crescimento (Malavolta, 2006; Alejandro et al., 2020).

A disponibilidade de Mn no solo é influenciada pelos seguintes fatores: pH, CTC, teor de matéria orgânica, teor e mineralogia da fração argila, além das reações de oxirredução (Biondi et al., 2011; Fontes et al., 2021).

A disponibilidade de Mn tende a diminuir com o aumento do pH do solo, registrando-se diminuição de até 100 vezes na atividade de Mn²⁺ em solução para cada aumento unitário nos valores de pH. Isso ocorre pela diminuição da solubilidade dos óxidos, redução da quantidade do cátion adsorvido as superfícies, aumento das formas precipitadas e aumento da estabilidade dos complexos formados com a matéria orgânica em valores de pH mais altos (Wang et al., 2022).

A CTC é responsável pela adsorção de Mn à superfície dos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, sendo a mesma influenciada pelo tipo de carga e o radical ao qual se ligam. Assim, sítios de caráter permanente adsorvem estes cátions de maneira menos estável, devido ao caráter não-específico desta ligação, enquanto que sítios de carga variável podem reter ambos os íons do Mn em reações de menor reversibilidade (Soares & Casagrande, 2009; Sátiro et al., 2021).

A matéria orgânica do solo influencia a disponibilidade de Mn no solo por meio da adsorção e formação de complexos organometálicos, os quais podem ser benéficos ou não à

disponibilidade do elemento, a depender de sua natureza, principalmente do tamanho de sua massa molar e do grau de afinidade entre o composto orgânico e a forma do elemento presente no solo (Fontes et al., 2021; Wang et al., 2022).

O Mn retido pela matéria orgânica pode estar associado aos grupos funcionais da mesma na forma de complexos de esfera externa e interna (Faria, 2019). Nos complexos de esfera externa, o Mn é adsorvido apenas por atração eletrostática, permanecendo solvatado às moléculas de água, e podendo, assim, ser facilmente trocado por outros cátions não específicos e tornar-se disponível às plantas (Carvalho Filho et al., 2011). Nos complexos de esfera interna, entretanto, os pares iônicos têm ligação de curta distância entre o íon e a partícula, sem interposição de moléculas de água, resultando numa ligação mais forte, e em menor disponibilidade (Heinrichs et al., 2006; Cruz Neto, 2022).

O teor e a mineralogia da fração argila são responsáveis pelas reações de adsorção específica e não-específica à sua superfície, o que interfere diretamente na retenção e disponibilidade de Mn (FARIA, 2019). Em geral, solos ricos em argilominerais do tipo 2:1 apresentam maior importância das reações de adsorção não específica em relação à específica, devido à natureza de sua capacidade de troca de cátions (Biondi et al., 2011; Fontes et al., 2021; Cruz Neto, 2022).

A disponibilidade de Mn é ainda bastante influenciada pelas reações de oxirredução. Assim, em solos inundados, onde prevalecem as condições de redução, a disponibilidade de Mn inicialmente aumenta, devido a redução e dissolução de óxidos de Mn no solo; contudo, quando estes solos são drenados o potencial redox aumenta rapidamente e a solução do solo pode saturar com precipitados formados a partir de óxidos desses elementos (Satiro et al., 2021; Fontes et al., 2021).

A análise de solo para avaliar a disponibilidade de Mn no solo enfrenta desafios complexos na interpretação dos resultados analíticos. Fatores como preparo, secagem, armazenamento, tempo de extração e variação nas soluções extratoras podem afetar a solubilidade do Mn, introduzindo incertezas na interpretação dos resultados (Pavan & Miyazawa, 1984; Faria, 2019).

Os principais extratores utilizados para avaliar o teor de Mn disponível nos laboratórios do Brasil são a solução ácida Mehlich-1 e o agente quelante DTPA/TEA a pH 7,3 (Faria, 2019). Apesar das diferenças em seus modos de atuação, ambos os extratores têm apresentado boa capacidade preditiva para avaliar a disponibilidade de Mn em solos brasileiros (Fontes et al., 2021).

Sumarizando resultados de pesquisas com diferentes culturas, extratores e solos, Abreu et al. (2007) resumiram o comportamento dos extratores de Mn disponível da seguinte forma: (1) os coeficientes de correlação entre Mn-solo e Mn-planta são baixos; (2) o comportamento das soluções ácidas e quelantes é muito parecido, sendo os coeficientes de correlação muito próximos; (3) os extratores ácidos têm sua eficiência aumentada quando se inclui o valor de pH nas equações de regressão; 4) o extrator DTPA tem maior capacidade para diferenciar os efeitos de fontes e doses do micronutriente aplicadas.

Ao avaliarem a capacidade de extração de micronutrientes catiônicos em 21 amostras de solos do Rio de Janeiro, Pereira et al. (2001) constataram que o extrator HCl (média do intercepto = - 0,01) apresentou maior capacidade de extração de Mn em relação aos extratores Mehlich-1 (média do intercepto = - 2,46) e DTPA (média do intercepto = 1,76); ademais, observaram melhor correlação entre os extratores HCl e Mehlich-1, não recomendando a adoção de equações de conversão entre os extratores.

Silva et al. (2009) avaliaram a eficiência dos extratores M-1 (relação 1:5 e 1:10), M-3 e DTPA na avaliação dos teores de Mn disponível em solos do Estado do Paraná. Observaram maiores teores com o extrator M-1, seguido pelos extratores M-3 e DTPA. Os extratores

foram altamente correlacionados entre si ($r = 0,82^*$ para M-1 x M-3; $r = 0,83^{**}$ para M-1 x DTPA; $r = 0,92^*$ para M-3 x DTPA).

Ao avaliarem a capacidade de extração de micronutrientes catiônicos em três Latossolos de Minas Gerais, Faria (2019) constatou que a capacidade de extração de Mn obedeceu a seguinte ordem: M-3 > M-1 > DTPA. Os teores de Mn recuperados pelos extratores foram altamente correlacionados entre si, havendo melhores correlações entre M-3 e DTPA. A capacidade dos extratores avaliar a disponibilidade de Mn obedeceu a seguinte ordem: M-3 ($r = 0,719^{***}$) > DTPA ($r = 0,701^{***}$) > M-1 ($r = 0,492^{***}$). Os níveis críticos de Mn no solo variaram de 9,9 a 287,0 mg dm⁻³ pelo extrator M-1 (média = 70,0 mg dm⁻³) e de 1,56 a 85,8 mg dm⁻³ pelo extrator DTPA (média = 18,7 mg dm⁻³).

Fontes et al. (2021) avaliaram a relação entre os teores foliares de Mn em plantas de milho com diferentes frações de Mn no solo, bem como os teores biodisponíveis extraídos pelos extratores Mehlich-1 e DTPA. Observaram que os extratores "atacam" principalmente as formas trocável e oclusa em óxidos de Mn. Contudo, as frações oclusas em óxidos de Mn cristalinos e amorfos pouco contribuíram para a disponibilidade de Mn (2-3% para DTPA e 5-10% para Mehlich-1). Os teores de Mn extraídos pelos extratores foram significativamente correlacionados com o Mn acumulado pela planta ($r = 0,95^*$ para M-1 e $r = 0,84^*$ para DTPA).

Oliveira & Nascimento et al. (2006) avaliaram a biodisponibilidade pelos extratores M-1, M-3, EDTA e DTPA e as frações de Mn das camadas superficial e subsuperficial de solos de referência de Pernambuco. Verificaram predomínio das frações mais biodisponíveis (trocável e matéria orgânica) em relação à fração retida em óxidos. Os extratores M-1 e DTPA foram considerados mais adequados na avaliação da disponibilidade de Mn, devido as maiores correlações com as formas de Mn biodisponíveis (trocável e matéria orgânica), em ambas as camadas.

Sobral et al. (2013) avaliaram o desempenho dos extratores M-1, M-3 e DTPA na avaliação da disponibilidade de Mn na camada superficial (0-0,20m) de Argissolos e Latossolos dos Tabuleiros Costeiros da região Nordeste. O extrator M-3 extraiu maiores quantidades de Mn em relação aos extratores M-1 e DTPA, sendo os teores extraídos pelos três extratores significativamente correlacionados entre si ($r = 0,95^*$ para M-1 x M-3 e $r = 0,75^{**}$ para M-1 x DTPA). Com exceção do teor de Mn extraído por DTPA ($r = 0,68^*$), os teores de Mn extraídos pelos extratores M-1 e M-3 não se correlacionaram com o acúmulo de Mn na planta. A inclusão dos valores de pH e dos teores de matéria orgânica não melhorou a capacidade preditiva dos extratores, ao contrário do que ocorreu com a inclusão do teor de argila.

Avaliando a variabilidade espacial e a disponibilidade de Mn pelo extrator M-1, nas camadas superficial e subsuperficial, de solos do Estado do Ceará, Oliveira et al. (2018) reportaram teores de Mn mais elevados na camada superficial dos solos Registraram-se, na camada superficial, correlações positivas e significativas entre os teores de Mn com os valores de pH ($r = 0,39^{**}$), teores de matéria orgânica ($r = 0,58^{**}$) e argila ($0,37^{**}$). Na camada subsuperficial os maiores coeficientes de correlação foram obtidos com os valores de pH ($r = 0,54^{**}$) e com os teores de matéria orgânica ($r = 0,54^{**}$).

Metodologia

Para a realização deste estudo foram selecionadas duas das principais classes de solos do Agreste Paraibano, escolhidas com base na extensão territorial e importância sócio-econômica para o setor agropecuário da mesorregião.

A seleção dos locais de coleta foi realizada com base no levantamento dos teores naturais de metais nos solos do Estado da Paraíba, realizado por Almeida Junior et al. (2016); a amostragem constou da abertura de mini-trincheiras e coleta amostras dos

horizontes subsuperficiais em áreas não cultivadas.

Após coletado, o material de solo foi acondicionado em sacos de náilon e encaminhado para o Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB); em seguida, o material foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira de 4 mm e armazenado para posterior utilização no experimento de casa de vegetação.

Na Tabela 1 constam informações referentes a classificação dos solos, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018), local de coleta e formação geológica/material de origem.

Tabela 1 – Classificação, localidade e material de origem dos solos

Solo	Município	Material de Origem/Geologia
Neossolo Litólico - RL	Picuí	Xisto-Qtz-biotítico/B
Planossolo - SX	Barra de S. Rosa	Gnaisse/CD

Com a terra fina seca ao ar (TFSA), procedeu-se a caracterização química e a análise granulométrica das amostras nos Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LQFS) e de Física do Solo (LFS), respectivamente, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Todas as determinações foram realizadas conforme metodologias descritas por Teixeira et al. (2017) (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos e frações granulométricas dos solos antes da instalação do experimento

Atributo	Solo	
	RL	SX
pH em água	4,8	6,4
MOS, g dm ⁻³	2,6	4,1
P, mg dm ⁻³	7,7	18,5
K ⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,2	0,08
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	3,7	1,9
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	7,8	1,1
Na ⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,98	4,99
H + Al cmol _c dm ⁻³	1,71	0,8
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,23	0,0
t, cmol _c dm ⁻³	12,86	8,06
T, cmol _c dm ⁻³	14,3	8,86
V, %	88,8	91,0
Cu, mg dm ⁻³	0,39	0,76
Fe, mg dm ⁻³	34,8	128,9
Mn, mg dm ⁻³	8,74	36,7
Zn, mg dm ⁻³	0,92	2,2
Areia, g kg ⁻¹	707	696
Silte, g kg ⁻¹	171	196
Argila, g kg ⁻¹	122	109

RL = Neossolo Litólico; SX = Planossolo Háplico

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta. A caracterização química constou das seguintes determinações: pH em água; carbono orgânico pelo método Walkley & Black; P disponível e K^+ trocável (Mehlich-1); bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e Al^{3+}) pelo extrator KCl 1 mol L^{-1} ; acidez potencial (H + Al) com acetato de cálcio, e teores de Cu, Fe, Mn e Zn disponíveis pelo extrator Mehlich-1. A partir dos teores de bases trocáveis e acidez potencial foram estimados os valores de CTC efetiva (t), potencial (T) e de saturação por bases (V%) (Teixeira et al., 2017).

O experimento foi realizado em abrigo telado do DSER/CCA/UFPA no segundo semestre de 2023, utilizando-se material de solo peneirado em peneira de 4 mm de malha. Para evitar reações de adsorção, precipitação e, ou, diminuição da disponibilidade de Mn em função da elevação do pH, os solos não foram corrigidos quimicamente.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC), com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2×5 (solos \times doses) em três repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Os solos avaliados foram Neossolo Litólico – RL e Planossolo Háptico – SX. As doses de Mn avaliadas foram 0, 10, 20, 40 e 60 $mg\ dm^{-3}$ de Mn, aplicadas na forma de sulfato de manganês ($MnSO_4$). A unidade experimental constou de um vaso plástico, contendo 4,0 dm^{-3} de solo e duas plantas vaso⁻¹.

Utilizou-se como planta indicadora o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.), cv. BRS Ponta Negra, a qual apresenta as seguintes características: ciclo precoce (110 dias); altura média de 2,20 m; 60-70 dias para o início da floração; tolerante à seca e adaptada às condições climáticas do semiárido nordestino.

Além das doses de Mn, todos os vasos receberam adubação básica para ensaios em casa de vegetação, conforme Novais et al. (1991). Foram aplicados 60 $mg\ dm^{-3}$ de N; 180 $mg\ dm^{-3}$ de P; 90 $mg\ dm^{-3}$ de K; 0,4 $mg\ dm^{-3}$ de B; 2,2 $mg\ dm^{-3}$ de Cu; 8 $mg\ dm^{-3}$ de Fe; 4,5 $mg\ dm^{-3}$ de Zn e 0,15 $mg\ dm^{-3}$ de Mo, na forma de ureia, fosfato monoamônico ($NH_4H_2PO_4$), cloreto de potássio (KCl), ácido bórico (H_3BO_3), sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 7H_2O$), solução de $FeSO_4$ -EDTA, sulfato de zinco ($ZnSO_4$) e molibdato de amônio [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$], respectivamente.

Após a aplicação dos tratamentos e da adubação básica, as amostras foram homogêneas e incubadas por um período de 30 dias, com umidade próxima à capacidade de campo. Após esse período foram retirados 100 cm^3 de solo para determinação dos teores de Mn disponível pelos extratores avaliados.

Em seguida, cada vaso recebeu cinco sementes de sorgo. Aos 10 dias após o plantio, foi feito desbaste, deixando-se duas plantas vaso⁻¹. A irrigação foi feita diariamente, por meio de pesagens dos vasos e aplicação de água destilada, mantendo-se a umidade do solo em torno de 70% da capacidade de campo.

As plantas foram cultivadas por um período de 45 dias; após esse período, a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo, pesada e seca em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C até peso constante; em seguida, o material foi moído em moinho tipo Wiley e armazenado para posteriores determinações.

Nas amostras coletadas após a incubação das doses de Mn, foram determinados os teores de Mn disponível pelos extratores Mehlich-1 ($HCl\ 0,05\ mol\ L^{-1} + H_2SO_4\ 0,025\ mol\ L^{-1}$) na relação solo:solução 1:5 e 5 minutos de agitação (Teixeira et al., 2017) e DTPA-TEA (ácido dietileno triamino pentaacético + trietanolamina) tamponado a pH 7,3 na relação solo:solução de 1:2, com duas horas de agitação (Lindsay & Norvell, 1978). Por questões operacionais os teores de Mn determinados pelos extratores Mehlich-3 e HCl não puderam ser determinados.

A produção de matéria seca (MS) da parte aérea da planta, expressa em $g\ vaso^{-1}$, foi obtida após secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante.

Com a matéria seca da parte aérea, moída em moinho tipo Wiley e passada em peneira

de 0,84 mm de abertura, foram obtidos os extratos mediante digestão nítrico-perclórica; os teores de Mn no tecido vegetal foram dosados por espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco et al., 1995).

O acúmulo de Mn na planta, expresso em mg vaso^{-1} , foi estimado multiplicando-se o teor de Mn (mg kg^{-1}) pela massa da matéria seca da parte aérea de cada unidade experimental.

Os dados foram inicialmente submetidos à análise de variância, por meio do teste de F, adotando-se como fontes de variação os solos, as doses de Mn e a interação entre esses dois fatores; contudo, para fins deste trabalho analisaram-se apenas os efeitos isolados de solos e doses de Mn.

Em seguida, foram ajustadas equações de regressão linear simples para estimar os teores de Mn recuperados pelos extratores Mehlich-1 e DTPA como variável dependente das doses de Mn aplicadas.

Posteriormente, foram ajustadas equações de regressão relacionando a produção de matéria seca como variável dependente das doses de Mn aplicadas, com as quais se estimou as doses de máxima eficiência física (MEF) e econômica (MEF). Concomitantemente, foram ajustadas equações de regressão relacionando teor de Mn no solo, por ambos os extratores, em função das doses de Mn aplicadas.

A capacidade preditiva dos extratores avaliados foi avaliada por meio de correlações entre os teores de Mn disponível obtidos pelos mesmos com as variáveis massa, teor e acúmulo de Mn na matéria seca da parte aérea das plantas.

Os níveis críticos de Mn disponível no solo foram estimados substituindo-se as doses de MEE nas equações relacionando teor de Mn no solo e doses de Mn aplicadas (Alvarez V., 1996).

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa SAEG 9.1 (Saeg, 2007), adotando-se nos mesmos o nível de significância de até 10,0 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os teores de Mn extraídos pelos extratores M-1 e DTPA foram maiores no solo RL, diferindo estatisticamente dos teores observados no solo SX (Tabela 3). Tais resultados podem ser explicados pelas características químicas, físicas e mineralógicas dos solos, bem como nas diferenças dos mecanismos de ação dos extratores (Menezes et al., 2010).

Tabela 3. Teores de Mn disponível pelos extratores Mehlich-1 e DTPA nos solos Neossolo Litólico (RL) e Planossolo Háptico (SX), em função das doses de Mn aplicadas

Solo	Dose mg dm^{-3}	M-1	DTPA mg dm^{-3}	Média
RL	0	45,0	46,5	45,8
	10	43,5	46,2	44,9
	20	49,2	47,3	48,3
	40	47,2	45,9	46,5
	60	50,0	49,2	49,6
	Média		47,0 a	47,0 a
SX	0	27,9	17,8	22,9
	10	30,4	20,5	25,4
	20	32,4	20,4	26,4
	40	36,0	22,0	29,0
	60	36,3	24,0	30,1
	Média		32,6 b	20,9 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, para um mesmo extrator, não diferem entre si pelo teste F

Os solos do presente trabalho são de caráter eutrófico e apresentam baixos teores de matéria orgânica e argila; contudo, ambos os solos possuem CTC classificada como alta, indicando, provavelmente, a presença de argilominerais do grupo 2:1. Ademais, o solo SX possui pH mais elevado e teores mais elevados de Na⁺, o que possivelmente diminuiu a eficiência de extração do M-1 neste solo (Tabelas 2 e 3).

Geralmente, os extratores de reação ácida, a exemplo do M-1, possuem maior capacidade de extração devido sua atuação sobre frações pouco lábeis como aquelas adsorvidas especificamente a óxidos (Nascimento, 2001; Ferreira, 2003; Abreu et al., 2004). Adicionalmente, tais extratores atuam no deslocamento de cátions adsorvidos, na dissolução de carbonatos e hidróxidos de baixo grau de cristalização, além da dissolução parcial de minerais de argila silicatados (Menezes et al., 2010).

Por outro lado, o extrator DTPA atua no deslocamento de Mn de sítios de troca por meio da formação de complexos solúveis, reduzindo a atividade de íons em solução, sem alterar significativamente o pH dos solos, impedindo, portanto, que ocorra a solubilização de outras formas de Mn (Norvell, 1991; Menezes et al., 2010). Assim, os maiores teores de Mn recuperados pelo extrator DTPA no solo RL se devem, provavelmente, a predominância de formas mais solúveis de Mn neste solo; ademais, os altos teores de Fe no solo SX podem provavelmente ter diminuído a ação solubilizadora do extrator DTPA sobre o Mn neste solo (Faria, 2019).

As maiores taxas de recuperação de Mn, por ambos os extratores, foram registradas no solo SX, registrando-se diferenças de 75 e 300% para os extratores M-1 e DTPA, respectivamente. Por outro lado, as taxas de recuperação de Mn pelo extrator M-1 foram 167,0 e 55,0 % superior em relação ao extrator DTPA nos solos RL e SX, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Equações de regressão ajustadas para os teores de Mn (mg dm⁻³) recuperados pelos extratores Mehlich-1 e DTPA como variável dependente das doses de Mn aplicadas

Solo	Equação	R ²
	M-1	
RL	$\hat{y} = 44,743 + 0,0860^{***}Mn$	0,5700
SX	$\hat{y} = 28,879 + 0,1431^{***}Mn$	0,9098
	DTPA	
RL	$\hat{y} = 46,085 + 0,0359^{***}Mn$	0,4266
SX	$\hat{y} = 18,592 + 0,0905^{***}Mn$	0,9209

^{ns}, ^o, *, **, *** não significativo e significativos a 10; 5; 1 e 0,1, respectivamente.

No geral, as taxas de recuperação de Mn pelos extratores M-1 e DTPA foram baixas, correspondendo, em média, a 11,2 e 8,0% do Mn adicionado, respectivamente (Tabela 4). Tais valores são inferiores aos 76,0 e 44,0 % reportados por Faria (2019) para os extratores M-1 e DTPA em Latossolos de Minas Gerais, respectivamente. Tais diferenças podem ser explicadas pelas diferenças no grau de intemperismo dos solos, bem como na composição mineralógica dos mesmos, notadamente a presença de óxidos naqueles solos mais intemperizados.

A variação das taxas de recuperação entre os extratores pode também ser explicada pelas diferenças na composição química e nos mecanismos de atuação dos extratores, associadas com as características físicas e químicas dos solos (Tabela 2). Assim, a maior capacidade do extrator M-1 na extração de Mn ocorre devido à sua maior acidez e à solubilização de formas de Mn pouco lábeis, as quais o DTPA, por apresentar reação alcalina

e ação complexante de formas solúveis, não as solubiliza (Silva et al., 2009; Menezes et al., 2010; Fontes et al., 2021).

Maiores taxas de recuperação de Mn pelo extrator ácido M-1 em relação ao extrator com quelante DTPA foram também reportados por Sobral et al. (2003) em solos de Tabuleiros Costeiros do Nordeste e por Faria em Latossolos de Minas Gerais. Abreu et al. (2004) compararam métodos de extração de Mn em 44 amostras de solos do Estado de São Paulo e constataram que tanto o M-1 quanto o M-3 extraíram maiores teores de Mn que o DTPA, corroborando, assim, os resultados obtidos no presente trabalho.

A produção de matéria seca das plantas foi maior no solo SX, sem diferir, entretanto, daquela obtida no solo RL (Tabela 5). Isso indica que apesar das diferenças nas características químicas dos solos, os mesmos apresentaram fertilidade potencial semelhante após a aplicação da adubação básica.

Tabela 5. Matéria seca, teores e conteúdos de Mn na parte aérea de plantas de sorgo nos solos Neossolo Litólico (RL) e Planossolo Háplico (SX) em função das doses de Mn aplicadas

Solo	Dose	Mat. seca	Teor	Conteúdo
	mg dm ⁻³	g planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg vaso ⁻¹
RL	0	2,27	86,0	0,20
	10	2,45	93,5	0,23
	20	2,48	94,1	0,23
	40	2,75	105,5	0,29
	60	3,20	108,4	0,35
	Média		2,63a	97,5a
SX	0	2,10	50,2	0,11
	10	2,35	43,3	0,10
	20	3,51	31,3	0,11
	40	3,56	28,8	0,10
	60	2,77	29,9	0,08
	Média		2,86a	36,7b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste F

A elevação das doses de Mn aumentou a produção de matéria seca das plantas de sorgo cultivadas nos solos RL e SX, verificando-se incrementos percentuais de 41,0 e 32,0% nos valores entre a menor e maior dose, respectivamente. Fageria (2002) também reportou efeitos positivos da aplicação das doses de Mn sobre a produção de matéria seca das plantas de arroz e feijão em Latossolo do Cerrado brasileiro, corroborando, assim, os resultados encontrados no presente trabalho.

Tais resultados podem ser explicados pelas diversas funções bioquímicas exercidas pelo Mn na planta, as quais incluem o controle de espécies reativas de oxigênio via Mn-SOD (superóxido dismutase), a constituição do complexo polinuclear do fotossistema II e a ativação de metaloenzimas. Tais funções, de forma direta ou indireta, se relacionam com a síntese proteica e a multiplicação celular, e, por conseguinte, com o crescimento e produção de matéria seca (Dechen & Nachtigall, 2007; Millaleo et al., 2010).

Ainda com base nas equações de regressão ajustadas entre produção de matéria seca e doses de Mn aplicadas estimaram-se as doses de máxima eficiência econômica (DR-90%) para os dois solos. A menor dose DR-90% foi obtida para o solo RL, enquanto a maior DR-90% foi estimada para o solo SX (Tabela 6). Esses resultados refletem possivelmente a atuação de um “efeito tamponante” sobre o solo SX, o qual diminui a disponibilidade do

micronutriente para as plantas; assim, torna-se necessária a aplicação de maiores doses para obtenção da produção de máxima eficiência econômica (Faria, 2019).

Tabela 6. Equações de regressão ajustadas entre produção de matéria seca (g vaso⁻¹) e doses de Mn aplicadas em cada solo, 90% da produção máxima e dose recomendável para obtenção de 90% da produção máxima (DR-90%)

Solo	Equação	R ²	90% max g vaso ⁻¹	DR-90% mg dm ⁻³
RL	$\hat{y} = 2,24 + 0,014 * Mn$	0,9625	2,77	15,5
SX	$\hat{y} = 1,93 + 0,093 * Mn - 0,0013 Mn^2$	0,8678	3,23	36,1

Os teores de Mn observados na parte aérea das plantas de ambos os solos (28,8 a 159,2 mg kg⁻¹) situaram-se dentro da faixa de 10 a 190 mg kg⁻¹ para sorgo forrageiro proposta por Abreu et al. (2007). Contudo, as plantas cultivadas no solo RL apresentaram os maiores teores, diferindo daqueles obtidos no solo SX (Tabela 5). Ademais, os teores foliares de Mn das plantas cultivadas no solo RL aumentaram linearmente com a elevação das doses de Mn aplicadas, havendo decréscimo linear nos teores com o aumento das doses no solo SX (Tabelas 5 e 7).

Tais resultados podem ser justificados pelo menor valor de pH do solo RL, o que teria favorecido o dreno-planta em relação ao dreno-solo e favorecido maior acesso das plantas ao Mn contido na solução do solo (Faria, 2019). Por outro lado, a aplicação de Mn no solo SX contendo teor de Mn disponível bastante elevado (Tabela 2) pode ter promovido desbalanços nutricionais e efeitos depressivos na absorção de Mn pelas plantas (Cantarutti et al., 2007).

Tabela 7. Equações de regressão ajustadas para teores (mg kg⁻¹) e acúmulos (mg vaso⁻¹) de Mn na parte aérea de plantas de sorgo em função das doses de Mn aplicadas

Solo	Equação	R ²
Teor		
RL	$\hat{y} = 87,795 + 0,3733 ** Mn$	0,9435
SX	$\hat{y} = 45,284 - 0,3302 * Mn$	0,6955
Conteúdo		
RL	$\hat{y} = 0,1961 + 0,00025 ** Mn$	0,9725
SX	$\hat{y} = 0,1112 - 0,00040 * Mn$	0,7184

O conteúdo de Mn nas plantas de sorgo obedeceu a mesma tendência observada para a variável teor, ou seja, o solo RL apresentou o maior conteúdo em relação ao solo SX (Tabela 6). Por outro lado, os conteúdos de Mn nas plantas de sorgo cultivadas no solo RL aumentaram com a elevação das doses de Mn aplicadas, registrando-se, porém, redução nos acúmulos de Mn no solo SX com o aumento das doses (Tabela 7). Efeitos positivos da aplicação de Mn sobre o acúmulo de Mn nas plantas foram reportados por diversos autores (Sobral et al., 2013; Faria, 2019; Fontes et al., 2021).

Quanto aos níveis críticos de Mn no solo, analisando os extratores individualmente observa-se que os níveis críticos de Mn no solo estimados pelos extratores M-1 e DTPA foram maiores no solo RL. Ademais, considerando a média dos solos, o nível crítico de Mn estimado pelo extrator M-1 foi 66,0 % maior em relação ao estimado pelo extrator DTPA (Tabela 8). Resultados semelhantes foram também reportados por Sobral et al. (2013) e Farias (2019).

Tabela 8. Níveis críticos de Mn (mg dm^{-3}) para os solos Neossolo Litólico (RL) e Planossolo Háplico (SX) estimados pelos extratores Mehlich-1 e DTPA

Solo	M-1	DTPA	Média
	----- mg dm^{-3} -----		
RL	46,1	46,6	46,3
SX	34,0	21,8	27,9
Média	40,1	32,9	36,5

A variação nos valores de NC observada entre solos e extratores resulta das diferenças nos valores dos interceptos e das declividades das equações de regressão entre Mn adicionado e Mn recuperado pelos extratores, pois pelo critério adotado para o estabelecimento dos NC os valores de DMEE não variaram entre os extratores (Alvarez V., 1996).

Comparativamente, os NC de Mn estimados pelos extratores M-1 e DTPA neste trabalho são superiores àqueles estabelecidos para solos dos estados de Minas Gerais ($8,0 \text{ mg dm}^{-3}$) e São Paulo ($5,0 \text{ mg dm}^{-3}$), respectivamente (Abreu et al., 2007). Vale ressaltar, entretanto, que os níveis críticos estabelecidos para os solos dos dois estados foram obtidos a partir de experimentos de campo, e os deste trabalho em condições de casa de vegetação.

Faria (2019) reportaram, em condições de casa de vegetação, níveis críticos de Mn para solos de Minas Gerais pelos extratores M-1 de $19,4$ a $53,8 \text{ mg dm}^{-3}$ e de $6,6$ a $38,7 \text{ mg dm}^{-3}$ para o extrator DTPA aproximando-se, assim, dos valores estimados no presente trabalho.

Nos trabalhos de correlação o fato de um extrator recuperar teores maiores ou menores de um determinado nutriente não significa que ele é melhor ou pior, pois o que interessa é que essas variações na produção ou no conteúdo do nutriente sejam proporcionais aos teores extraídos pelo método de análise (Alvarez V., 1996). Assim, a seleção do extrator mais adequado deverá recair sobre aquele cujos teores extraídos se correlacionem significativamente com algum indicador da planta (Alvarez V., 1996; Simões Neto et al., 2015).

Verificou-se que os coeficientes de correlação entre os teores de Mn extraídos pelos extratores M-1 e DTPA com as variáveis indicadoras da planta (matéria seca, teor e conteúdo) variaram em função do solo. Para o solo RL foram registradas correlações positivas e significativas entre os teores de Mn recuperados pelos dois extratores com as três variáveis; no entanto, para o solo SX, verificou-se, com exceção da variável matéria seca para o extrator M-1, que os coeficientes de correlação foram baixos, negativos e não significativos (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficientes de correlação linear entre os teores de Mn extraídos pelos extratores Mehlich-1 e DTPA com os valores de matéria seca (MS), teor e conteúdo de Mn na planta nos solos neossolo Litólico (RL) e Planossolo Háplico (SX)

Solo	Extrator	DTPA	MS	Teor	Conteúdo
RL	Mehlich - 1	0,56 ^o	0,49 ^o	0,40 ^o	0,46 ^o
	DTPA	-	0,53 ^o	0,22 ^o	0,42 ^o
SX	Mehlich - 1	0,87**	0,47 ^o	-0,87**	0,10 ^{ns}
	DTPA	-	0,20 ^{ns}	-0,67*	0,10 ^{ns}

^{ns}, ^o, *, **, *** não significativo e significativos a 10; 5; 1 e 0,1, respectivamente.

Em geral, o teor do nutriente na planta é uma variável sujeita a superestimação (efeito de concentração ou “consumo de luxo”) ou subestimação (efeito de diluição), razão pela qual

o conteúdo do nutriente é mais adequado para estabelecer correlações visando selecionar os métodos de extração (Cantarutti et al., 2007); neste trabalho, entretanto, ambas as variáveis foram adequadas para seleção de extratores apenas no RL, pois para o solo SX os teores de Mn extraídos pelos extratores se correlacionaram apenas com o valor de matéria seca (Tabela 9).

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram as proposições feitas por Abreu et al. (2007) sobre a complexidade aumentada da análise de solo para Mn, tendo em vista a influência das reações de oxirredução. Ainda conforme os autores, os coeficientes de correlação entre os teores de Mn-solo e Mn-planta são baixos, sendo o comportamento das soluções ácidas e quelantes muito parecido, sendo os coeficientes de correlação muito próximos.

Fontes et al. (2021) observaram que os teores de Mn extraídos pelos extratores foram significativamente correlacionados com o Mn acumulado pela planta ($r = 0,95^*$ para M-1 e $r = 0,84^*$ para DTPA). Por outro lado, Sobral et al. (2013) verificaram que com exceção do extrator DTPA ($r = 0,68^*$), os teores de Mn extraídos pelos extratores M-1 e M-3 não se correlacionaram com o acúmulo de Mn na planta.

Os teores de Mn extraídos pelos extratores M-1 e DTPA apresentaram correlações positivas e significativas para os dois solos, sendo as correlações para o RL comparativamente menores (Tabela 9). Isto indica que apesar das diferenças na composição química e nos mecanismos de atuação, os dois extratores acessaram formas de Mn semelhantes durante o processo de extração.

Em suma, e diante das pequenas diferenças encontradas entre os coeficientes de correlação entre os conteúdos de Mn na planta e os teores extraídos pelos extratores M-1 e DTPA infere-se que ambos os extratores são adequados para avaliar o teor de Mn disponível no solo RL, confirmando os resultados obtidos por diversos autores (Abreu et al., 2007; Faria, 2019; Fontes et al., 2021). Para o solo SX, entretanto, ambos os extratores se mostraram ineficientes para avaliação da disponibilidade de Mn, revelando lacunas a serem preenchidas pela pesquisa.

Conclusão

- A capacidade de extração de Mn dos solos é maior com o extrator M-1 em relação ao extrator DTPA, sendo os dois extratores altamente correlacionados entre si;
- Os extratores M-1 e DTPA são adequados para estimar a disponibilidade de Mn no solo RL, sendo os mesmos inadequados para avaliação do Mn disponível no solo SX;
- Os NC de Mn disponível estabelecidos para os extratores M-1 e DTPA são de 46,1 e 46,6 mg dm⁻³ para o solo RL e de 34,0 e 21,8 mg dm⁻³ para o solo SX, respectivamente.

Referências Bibliográficas

ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. MICRONUTRIENTES. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 645-736p.

ABREU, C.A.; RAIJ, B.V.; ABREU, M.F.; PAZ GONZALEZ, A. Avaliação da disponibilidade de manganês e ferro em solos pelo uso do método modificado da resina de troca iônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 579–584, jun. 2004.

ALEJANDRO, S.; HÖLLER S.; MEIER B.; PEITER E. Manganese in Plants: from acquisition to subcellular allocation. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n.300, mar. 2020. Published online 2020 Mar 26. doi: [10.3389/fpls.2020.00300](https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00300)

ALMEIDA JUNIOR, A.B.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M.; SOUZA, A.P.; BARROS, F.M.R. Background and Reference Values of Metals in Soils from Paraíba State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, e0150122, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832016000100509&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15/04/19. <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbc20150122>.

ALVAREZ V, V.H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (org.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 615-646p.

BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FABRICIO NETA, A.B.; RIBEIRO, M.R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni E Co em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 1057–1066, jun. 2011.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Disponibilidade de cobre e zinco em solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 647 - 658, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000300017&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 14 de maio 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300017>.

BRUNETTO, G.; SCHMITT, D.E.; COMIN, J.J.; MIOTTO, A.; MORAES, M.P.; HEINZEN, J. Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos no Meio Oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 805 - 810, 2014.

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilidade de solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 769-850p.

CARVALHO FILHO, A.; CURTI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SHINZATO, E.; FREITAS, D.A.F.; JESUS E.A.; MASSAHUD, R.T.R. Óxidos de Manganês em solos do Quadrilátero Ferrífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 793–804, 1 jun. 2011.

CRUZ NETO, R.O. **Disponibilidade de zinco e cobre pelos extratores HCl, Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA em solos do Estado da Paraíba**. 2022. 78p. il. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, 2022.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI,

R.B.; NEVES, J.C.L. (org.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV, 2007. 92-132p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v. 77; p. 185–268, 2002.

FARIA, A.F. **Disponibilidade de ferro, manganês, zinco e cobre no solo por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA**. 2019. 148f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2019.

FARIAS, D. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, D.; ARRUDA, J. A.; HOFFMANN, R. B.; NOVAIS, R. F. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. II - Disponibilidade de fósforo para plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.633-646, 2009.

FERREIRA, G. B. **Dinâmica das frações de micronutrientes catiônicos e esgotamento de formas disponíveis de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em Solos de Minas Gerais**. 2003. 169 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

FONTES, R.L.F.; FERREIRA, G.B.; ALVAREZ V, V.H.; NEVES, J.C.L.; FARIA, A.F.; FONTES, M.P.F. Bioavailability of soil Cu, Fe, Mn and Zn from soil fractions. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 19–42, 19 jan. 2021.

HEINRICH, R.; MALAVOLTA, E.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M. de; CABRAL, C. P.; RUSCHEL, J. Liming and chemical extractants of manganese and zinc in cerrado Habludox and Quartzpsament planted with soybeans. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.66 -74, 2006.

LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. **Soil Science Society of America Journal**, v. 42, n. 3, p. 421–428, maio 1978.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MENEZES, A. A. et al. Disponibilidade de zinco para milho pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA em solos de Minas Gerais, na presença e ausência de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2010, v. 34, n. 2 [Acessado 16 Setembro 2022], pp. 417-424. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200015>>. Epub 07 Jun 2010. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200015>.

MILAGRES, J.J.M.; ALVAREZ, V V.H.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES J.C.L. Determinação de Fe, Zn, Cu e Mn extraídos do solo por diferentes extratores e dosados por espectrofotometria de emissão ótica em plasma induzido e espectrofotometria de absorção atômica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 237–245, abr. 2007.

MILLALEO, R.; REYES, DÍAZ M.; IVANOV, A.G.; MORA, M.L.; ALBERDI, M. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 10, n. 4, p. 470–481, 2010.

NASCIMENTO, C. W. A. **Dessorção, extração e fracionamento de zinco, cobre e manganês em solos**. 2001. 60 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

NORVELL, W.A. Reactions of metal chelates in soils and nutrient solutions. *In*: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (org.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. 187-228p.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. *In*: OLIVEIRA, A.L.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. 153-89p.

OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, W. A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 99–110, fev. 2006.

OLIVEIRA, M.L.J; VALLADARES, G.S.; VIEIRA, J.S.; COELHO, R.M. Availability and spatial variability of copper, iron, manganese and zinc in soils of the State of Ceará, Brazil. **Ciência Agrônoma/Revista ciência agrônoma**, v. 49, n. 3, 1 jan. 2018.

PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês nos solos: dificuldades e problemas na interpretação da análise para fins de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 285-289p. 1984

PEREIRA, M.G.; PÉREZ, D.V.; VALLADARES, G.S.; SOUZA, J.M.P.F.; ANJOS, L.H.C. Comparação de métodos de extração de cobre, zinco, ferro e manganês em solos do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 655–660, set. 2001.

RENGEL, Z. Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 15, n. 2, p. 397–409, 1 jun. 2015.

SAEG. **SAEG**: Sistema para análises estatísticas, versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA T.J.F. (org.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SÁTIRO, JOSÉ & MOTTA, ANTONIO & DEMETRIO, WILIAN & SEGALLA, RODRIGO & CREMONESI, MARCUS & MOURA ARAUJO, ELOA & FALCÃO, NEWTON & MARTINS, GILVAN & WESTPHAL MUNIZ, ALEKSANDER & JUNIOR, PAULO & REBELLATO, LILIAN & JÚNIOR, RAIMUNDO & TEIXEIRA, WENCESLAU & NEVES, EDUARDO & LIMA, HELENA & SHOCK, MYRTLE & KILLE, PETER & CUNHA, LUIS & NETWORK, TPI & BROWN, GEORGE. (2021). Micronutrient availability in amazonian dark earths and adjacent soils. **Geoderma**. 395. 115072. 10.1016/j.geoderma.2021.115072.

SILVA, A.P.; ABRANTES, E.G. Fertilidade dos Solos no Estado da Paraíba. **Boletim informativo do NRNE/SBCS**. v.1/n.2, p.38-41, 2017

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S.; NODA, A.Y.; MARCHETTI, M.E.; MATA, J.D.V.; LOURENTE, E.R.P. Metodologias e eficiência de extratores para zinco, cobre, ferro e manganês. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 537–537, 23 jun. 2009.

SILVA, A.P. et al. Manejo e conservação do solo em agroecossistemas familiares do bioma Caatinga In: LEITE, L.F.C. et al. (eds). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília: Embrapa, p. 315-374, 2021.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; ROCHA, A. T. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.73-81, 2015.

SOARES, M.R.; CASAGRANDE, J.C. Adsorção e modelos, *In*: RIBEIRO, M.R.; NASCIMENTO, C.W.A.; RIBEIRO, M.R.F.; CANTALICE, J.R.B. (org.). **Tópicos em Ciência do Solo**: volume 6, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009, 71-201p.

SOBRAL, L.F.; SMYTH, J.T.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Comparison of Copper, Manganese, and Zinc Extraction with Mehlich 1, Mehlich 3, and DTPA Solutions for Soils of the Brazilian Coastal Tablelands. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 44, n. 17, p. 2507–2513, 25 set. 2013.

SOUZA, R.S.; CHAVES, L.H.G.; FERNANDES, Adsorção de Zn e sua relação com características de solos no Estado da Paraíba, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, n. único, p. 1 – 6, 2006.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. (org.). **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (org.). **Manual de métodos de análise de solos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 573p.

VENDRAME, P.R.S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.859-864, 2007.

WANG, SHUZHUAN; XU, LEI; HAO, MINGDE. Impacts of Long-Term Micronutrient Fertilizer Application on Soil Properties and Micronutrient Availability. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. 19. 16358. 10.3390/ijerph192316358. 2022.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COORDENAÇÃO GERAL DE PROGRAMAS
ACADÊMICOS E DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO EFEITO INIBITÓRIO DO *Corynebacterium bovis* NO CRESCIMENTO DOS PRINCIPAIS PATÓGENOS CAUSADORES DE MASTITE PELO MÉTODO QUANTITATIVO

Stephany Soares Mendes¹; Alice Maria Melo do Nascimento²; Artur Cezar de Carvalho Fernandes³

Resumo

Corynebacterium bovis é uma das bactérias mais comumente isoladas de amostras de leite coletadas assepticamente em todo o mundo e que são submetidas aos exames microbiológicos para o isolamento e identificação de patógenos causadores de mastite. No entanto, há uma crescente evidência de que estes microrganismos são comensais na glândula mamária bovina, sendo, portanto, considerados membros da microbiota da glândula mamária bovina. Além disso, alguns estudos indicam potencial efeito protetor de *C. bovis* contra a disbiose, conferindo assim proteção contra as infecções intramamárias por patógenos que são principais causadores de mastite, embora não haja consenso sobre esta afirmação. Desta forma, o presente estudo avaliou o potencial de inibição de crescimento por isolados de *Corynebacterium bovis*, frente a patógenos principais da mastite bovina (ex.: *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Streptococcus agalactiae*, e *Staphylococcus aureus*), isolados de amostras de leite assepticamente coletadas utilizando um novo método quantitativo.

Palavras-Chave: Saúde da glândula mamária. Inibição de crescimento. Vacas leiteiras.

1 stephany.soares@academico.ufpb.br

2 alicemari@gmail.com

3 ac.carvalhofernandes@gmail.com, Avaliação in vitro do efeito inibitório do *C. bovis* no crescimento dos principais patógenos causadores de mastite pelo método quantitativo, 3216-7570,

cadastrocgpai@propesq.ufpb.br

Apresentação

Na pecuária leiteira, *Corynebacterium bovis* é uma das bactérias mais comumente isoladas de amostras de leite bovino coletado assepticamente em todo o mundo, que é submetido a testes microbiológicos para identificação dos patógenos causadores de mastite bovina (Wilson, González, Das, 1997; Langoni et al., 2017; Dalen et al., 2019; Gonçalves et al., 2016). Apesar de sua alta prevalência na etiologia das infecções intramamárias em bovinos, *C. bovis* é considerado um patógeno de mastite menor com significado clínico limitado (Huxley, Helps, Bradley, 2004). Por outro lado, *C. bovis* é considerado por alguns pesquisadores como membro da microbiota da glândula mamária bovina com potencial papel protetor contra a disbiose (Brooks, Barnum, 1984; Porcellato et al., 2020; Rault et al., 2020). Esta bactéria coloniza os ápices dos tetos (Braem et al., 2012; Braem et al., 2013), canal dos tetos (Derakhshani et al., 2020), mas também pode ser isolado da cisterna do teto, cisterna da glândula e parênquima mamário (Benites, Melville, Costa, 2003). Embora a contagem de células somáticas (CCS) no leite, que é um indicador amplamente utilizado no diagnóstico de mastite bovina, seja relativamente baixa em amostras de leite de quartos mamários onde *C. bovis* é isolado, o valor da CCS ainda é geralmente maior em comparação com o úbere saudável (Pankey et al., 1985; Wilson, Gonzalez, DAS, 1997; Gonçalves et al., 2020), ou seja, onde não se isolou nenhum microrganismo. Além disto, nenhum efeito na produção de leite (Gonçalves et al., 2016; Gonçalves et al., 2020) ou na porcentagem de gordura, proteína, caseína e sólidos totais foi descrito nos quartos mamários onde se isolou *C. bovis* (Gonçalves et al., 2016). *Corynebacterium bovis* é de interesse para pesquisadores de mastite porque quartos infectados com esta bactéria são menos propensos a se infectar com outras bactérias mais patogênicas (Brooks, Barnum, 1984; Pankey et al., 1985; Rainard, Poutrel, 1988; Sordillo et al., 1988; LAM et al., 1997; Schukken et al., 1999; Rainard, Riollet, 2003). Embora seja difícil tirar conclusões consistentes sobre o papel de *C. bovis* na saúde do úbere bovino, há uma crescente evidência que estes modulam a resposta imune local (Porcellato et al., 2020; Bronzo et al., 2020; Silva et al., 2021), favorecendo a manutenção da saúde da glândula mamária bovina. Assim, um estudo recente publicado por Porcellato et al. (2020), ao analisar a microbiota do leite, associou a presença do gênero *Corynebacterium* em amostras de leite com papel protetor contra a disbiose da glândula mamária bovina. Em outro estudo que investigou a associação da análise da microbiota do canal do teto e a suscetibilidade à mastite e inflamação do úbere, a identificação de *Corynebacterium* foi negativamente correlacionada com CCS no leite (Derakhshani et al., 2020). Além disso, os gêneros *Corynebacterium* dominam as populações bacterianas dos ápices dos tetos de quartos saudáveis (Braem et al., 2012). Além disso, o isolamento de *C. bovis* de amostras de leite coletadas assepticamente tem sido associado à redução da ocorrência de infecções intramamárias por outras bactérias mais patogênicas (Brooks, Barnum, 1984; Pankey et al., 1985; Sordillo et al., 1988; LAM et al., 1997; Schukken et al., 1999), embora não haja consenso sobre esta afirmação (Rainard, Poutrel, 1982; Brooks, Barnum, Meek, 1983; Zadoks et al., 2001; Reyher et al., 2012). Além do potencial efeito imunomodulador de *C. bovis* (BLAGITZ et al., 2013; Silva et al., 2021), outros fatores podem estar relacionados ao potencial efeito protetor da infecção intramamária por *C. bovis*, como inibição do crescimento por competição e antagonismo bacteriano (Brooks, Barnum, 1984; Woodward et al., 1987; Sordillo et al., 1988; Blagitz et al., 2015), que foram considerados no presente estudo.

Fundamentação teórica e Metodologia

ISOLADOS BACTERIANOS

Para o presente estudo foram utilizados isolados de *S. aureus* (n = 2), *S. agalactiae* (n = 1), *Klebsiella spp.* (n = 1) e *E. coli* (n = 1) isolados de casos de mastite bovina. Além de isolados de *C. bovis* (n=4) isolados de amostras de leite assepticamente coletadas para avaliação da inibição de crescimento dos principais patógenos causadores de mastite descritos acima. Todos os isolados foram provenientes do banco de bactérias do Núcleo Aplicado à Produção e Sanidade da Glândula Mamária (NAPROSA), que foram confirmados através da identificação bacteriana por espectrometria de massas (MS) com fonte de ionização do tipo ionização e dessorção a laser assistida por matriz – MALDI (Matrix Assisted Laser Desorption/ Ionization) e analisador de massas do tipo tempo-de-vôo (ToF) (MALDI-ToF MS) no Laboratório de Qualidade do Leite da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, USP. As recomendações do fabricante foram empregadas para a interpretação dos escores de identificação de microrganismos: escores de 2,000 a 3,000 foi considerada altamente provável para identificação a nível de espécie, escores de 1,700 a 1,999 indicou a provável identificação do gênero e um escore < 1,700 foi considerada não confiável para identificação do microrganismo.

INIBIÇÃO *IN VITRO* DO CRESCIMENTO DOS PRINCIPAIS PATÓGENOS CAUSADORES DE MASTITE POR MÉTODO QUANTITATIVO

A inibição *in vitro* do crescimento dos principais patógenos causadores de mastite bovina foi baseada no método quantitativo descrito por Toledo- Silva et al. (2022). Os isolados de *C. bovis* foram semeados em placas de petri, contendo ágar sangue de carneiro desfibrinado a 5% para verificação de seu crescimento por 48h à 37° C em condições aeróbicas. Posteriormente, estas bactérias foram suspensas em tubos falcon estéreis contendo 3 mL de BHI caldo para crescimento por 18h “overnight” à 37° C em condições aeróbicas. O próximo passo consistiu em pipetar 100 µL desta suspensão bacteriana para repasse em novos tubos falcons estéreis contendo 5 mL de BHI caldo para crescimento por 18h à 37° C. Em seguida, foi pipetado 50 µL da suspensão bacteriana em caldo BHI para novo repasse em tubos falcons contendo 5 mL de BHI caldo para crescimento por 18h a 37° C. Após esta 10 etapa, foi realizada uma diluição seriada com a alíquota de *C. bovis* para obtenção de três diferentes concentrações (10^{-3} , 10^{-5} e 10^{-7}).

Para realização do método de análise de inibição, utilizou-se ágar BHI vertido em placas de petri compondo uma primeira camada estéril. Para a segunda camada na mesma placa, adicionou-se 100µL da solução bacteriana diluída a 10 mL de ágar BHI. Subsequentemente, o ágar com o *Corynebacterium bovis* foi adicionado à placa. Após 24h armazenadas em condições aeróbicas para o crescimento do patógeno, realizou-se o penúltimo passo do método, que consistiu em pipetar 10µL de *S. aureus*, *S. agalactiae*, *E. coli* e *Klebsiella* em diferentes concentrações (10^{-3} , 10^{-5} e 10^{-7}) separadamente, formando “gotas” nas placas preparadas previamente. A análise dos resultados ocorreu após 24h de crescimento em ambiente aeróbico. O esquema demonstrando o passo a passo do processo pode ser visto na Figura 1.

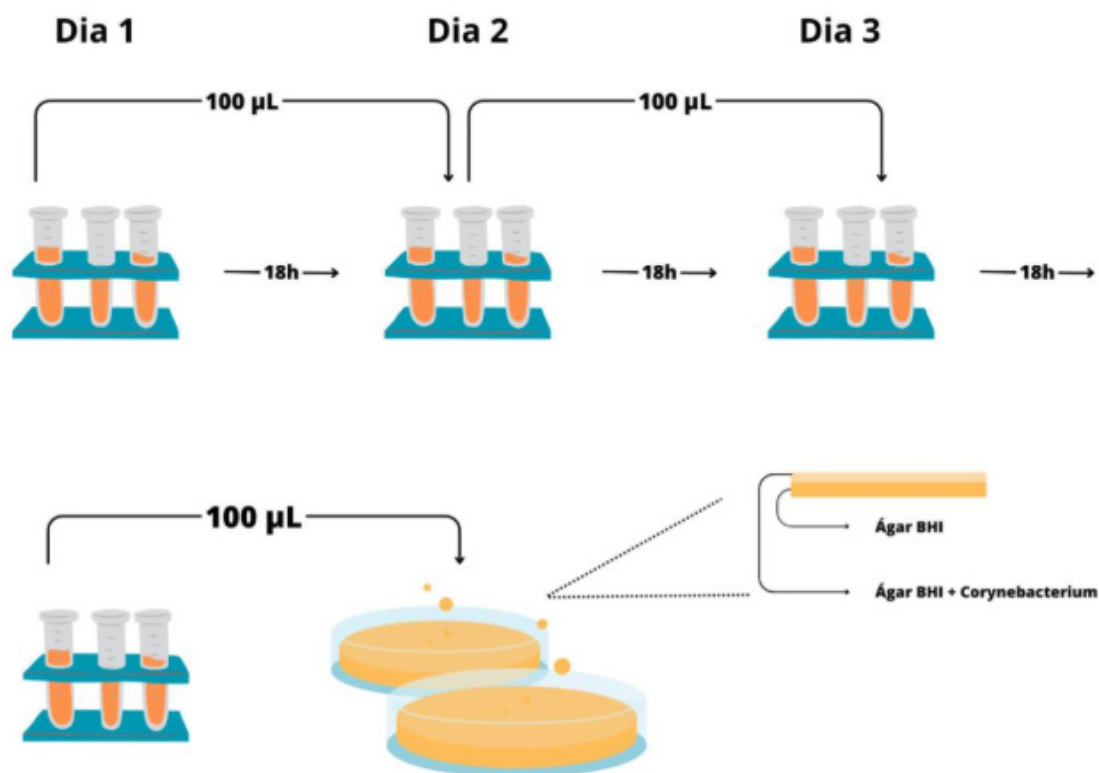


Figura 1 – Esquema detalhado do método quantitativo descrito por Toledo- Silva et al. (2022).

Resultados e Discussão

As duas cepas de *Staphylococcus aureus* utilizadas para o experimento foram identificadas como SA-700 e SA-800, cada uma testada em diferentes diluições (10^{-3} , 10^{-5} e 10^{-7}) frente às 4 cepas de *Corynebacterium bovis* com as mesmas concentrações advindas de diluição seriada (10^{-3} , 10^{-5} e 10^{-7}). Ambas as cepas de *S. aureus* apresentaram algum grau de inibição em alguma concentração se comparada aos resultados de controle, ou seja, placas em que os patógenos principais foram cultivados sem interferência do *C. bovis* no meio de cultura. Os resultados para os agentes supracitados podem ser visualizados na tabela 1 e 2.

Para estes resultados, levou-se em consideração a quantidade de unidades formadoras de colônias (UFC) para cada patógeno principal após o período de cultivo referido na metodologia. Logo, pode-se observar que houve inibição de crescimento de *S. aureus*-700 na diluição 10^{-5} frente ao *Corynebacterium*-1440 em suas 3 diluições.

Tabela 1 – Dinâmica de inibição das cepas de *Corynebacterium bovis*(C) frente ao patógeno SA-700 (*Staphylococcus aureus*).

	SA-700 10^{-3}	SA-700 10^{-5}	SA-700 10^{-7}
CONTROLE	Incontável	56 UFC	Sem crescimento
C-1440 10^{-3}	Incontável	2 UFC	Sem crescimento
C-1440 10^{-5}	Incontável	7 UFC	Sem crescimento

C-1440 10⁻⁷	Incontável	7 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻³	Incontável	56 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁵	Incontável	55 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁷	Incontável	43 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻³	Incontável	41 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁵	Incontável	43 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁷	Incontável	35 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻³	Incontável	Incontável	Sem crescimento
C-528 10⁻⁵	Incontável	50 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻⁷	Incontável	48 UFC	Sem crescimento

UFC: Unidade formadora de colônia

Quando observados os resultados para o *S. aureus*-800 na diluição 10⁻⁵, chama-se a atenção novamente para a capacidade de inibição do *Corynebacterium*-1440, desta vez restrito às suas concentrações de 10⁻³ e 10⁻⁵.

Tabela 2 – Dinâmica de inibição das cepas de *Corynebacterium bovis* frente ao patógeno SA-800 (*Staphylococcus aureus*).

	SA-800 10⁻³	SA-800 10⁻⁵	SA-800 10⁻⁷
CONTROLE	Incontável	15 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻³	Incontável	2 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁵	Incontável	4 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁷	Incontável	Contaminação	Sem crescimento
C-490 10⁻³	Incontável	17 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁵	Incontável	15 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁷	Incontável	19 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻³	Incontável	17 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁵	Incontável	14 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁷	Incontável	13 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻³	Incontável	13 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻⁵	Incontável	14 UFC	Sem crescimento

C-528 10⁻⁷	Incontável	14 UFC	Sem crescimento
------------------------------	------------	--------	-----------------

Fonte: Autor

Em relação ao *Streptococcus agalactiae*, a cepa utilizada no experimento foi identificada como AGA-2900 e, assim como os demais patógenos, diluída nas 3 concentrações preconizadas pelo estudo. Sua dinâmica de inibição *in vitro* foi descrita abaixo na tabela 3. Neste panorama foi possível observar a inibição do patógeno à 10⁻⁵ quando desafiado pelo *Corynebacterium*-1440 em uma de suas diluições (10⁻³), concordando com os resultados vistos anteriormente para outras cepas.

Tabela 3 - Dinâmica de inibição das cepas de *Corynebacterium bovis*(C) frente ao patógeno AGA-2900 (*Streptococcus agalactiae*).

	AGA-2900 10⁻³	AGA-2900 10⁻⁵	AGA-2900 10⁻⁷
CONTROLE	Incontável	2 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻³	6 UFC	1 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁵	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁷	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-490 10⁻³	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-490 10⁻⁵	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-490 10⁻⁷	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-1513 10⁻³	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁵	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁷	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-528 10⁻³	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-528 10⁻⁵	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento
C-528 10⁻⁷	Incontável	Sem crescimento	Sem crescimento

Fonte: Autor

Na tabela 4, é possível perceber que não houve grande destaque de inibição frente à *Klebsiella* (representada por K-453) em suas concentrações de 10⁻³ e 10⁻⁵, no entanto, há uma padronização de não-crescimento de *Corynebacterium bovis* quando desafiado à concentração de 10⁻⁷, o que não foi observado no grupo controle.

Tabela 4 - Dinâmica de inibição das cepas de *Corynebacterium bovis*(C) frente ao patógeno K-453 (*Klebsiella spp.*).

	K-453 10⁻³	K-453 10⁻⁵	K-453 10⁻⁷

CONTROLE	Incontável	20 UFC	8 UFC
C-1440 10⁻³	Incontável	25 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁵	Incontável	20 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁷	Incontável	19 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻³	Incontável	19 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁵	Incontável	19 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁷	Incontável	18 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻³	Incontável	20 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁵	Incontável	21 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁷	Incontável	20 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻³	Incontável	38 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻⁵	Incontável	23 UFC	Sem crescimento
C-528 10⁻⁷	Incontável	24 UFC	Sem crescimento

Fonte: Autor

A cepa de *Escherichia coli* escolhida para o estudo foi representada pelo nome de EC-843 e sua dinâmica foi demonstrada na tabela 5, chamando a atenção para alguns graus de inibição quando posto à prova pelo *Corynebacterium-1440* em todas as suas diluições.

Tabela 5 - Dinâmica de inibição das cepas de *Corynebacterium bovis*(C) frente ao patógeno EC-843 (*Escherichia coli*).

	EC-843 10⁻³	EC-843 10⁻⁵	EC-843 10⁻⁷
CONTROLE	Incontável	16 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻³	Incontável	10 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁵	16 UFC	8 UFC	Sem crescimento
C-1440 10⁻⁷	Incontável	8 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻³	Incontável	15 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁵	Incontável	14 UFC	Sem crescimento
C-490 10⁻⁷	Incontável	12 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻³	Incontável	15 UFC	Sem crescimento
C-1513 10⁻⁵	Incontável	17 UFC	Sem crescimento

C-1513 10 ⁻⁷	Incontável	17 UFC	Sem crescimento
C-528 10 ⁻³	Incontável	17 UFC	Contaminação
C-528 10 ⁻⁵	Incontável	16 UFC	Sem crescimento
C-528 10 ⁻⁷	Incontável	16 UFC	Sem crescimento

Fonte: Autor

Silva *et al.* (2021) reforça que o isolamento de *C. bovis* a partir de amostras de leite coletadas assepticamente pode estar associado à proteção contra os principais patógenos da mastite, como *S. aureus*, apesar de os mecanismos por trás destas descobertas precisam ser investigados de forma mais aprofundada, considerando também o papel de *C. bovis* na complexidade da microbiota da glândula mamária e como exatamente esse microrganismo atua para promover a saúde do úbere.

Portanto, analisando o contexto geral dos dados apresentados, este estudo demonstrou que pode haver cepas de *Corynebacterium bovis* com potencial efeito inibitório frente aos principais patógenos causadores de mastite, no caso do presente estudo destaca-se a cepa C-1440, concordando também com ideias e estudos que demonstram sua capacidade de modular a resposta imune local (Porcellato et al., 2020; Bronzo et al., 2020; Silva et al., 2021)

Entende-se que ainda são necessários maiores avanços no que se refere a dinâmica da microbiota da glândula mamária, porém com este trabalho, sustenta-se a percepção trazida por Blagitz et al. (2013) de que as infecções intramamárias por *C. bovis* podem oferecer proteção contra infecções intramamárias por outras bactérias.

Conclusões

Em conclusão, o estudo demonstrou que o novo método quantitativo de inibição de crescimento *in vitro* é apropriado para avaliar e quantificar os potenciais efeitos protetores do *Corynebacterium bovis* frente aos principais patógenos bacterianos da mastite. A inibição do crescimento *in vitro* de *S. aureus*, *S. agalactiae*, *E. coli* e *Klebsiella* por meio dos isolados de *C. bovis* foi variável, mostrando-se eficiente em apenas algumas concentrações e frente a algumas cepas de *Corynebacterium bovis*, destacando a cepa C-1440, que apresentaram potencial efeito inibitório. Estes resultados contribuem para o conhecimento das interações entre *Corynebacterium bovis* e os principais patógenos bacterianos da mastite, abrindo assim um novo leque de futuras pesquisas para compreensão da microbiota mamária e da mastite. Além disso, o novo método publicado por Toledo-Silva et al. (2022) e desenvolvido na Bélgica surge como uma nova alternativa para ensaios voltados à análise de inibição, destacando seu aspecto quantitativo e fácil replicabilidade em ambientes laboratoriais, se mostrou ser uma ferramenta promissora para estes fins.

Referências bibliográficas

BENITES, N.R.; MELVILLE, P.A.; COSTA, E.O. Evaluation of the microbiological status of milk and various structures in mammary glands from naturally infected dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*. v. 35, p. 301-307, 2003. DOI:

10.1023/A:1025137220425.

BLAGITZ, M.G.; SOUZA, F.N.; BATISTA, C.F.; SANTOS, B.P.; PARRA, A.C.; AZEVEDO, L.F.F.; DELLA LIBERA, A.M.M.P. Expression of CD14 and toll-like receptors 2 and 4 by milk neutrophils in bovine mammary glands infected with *Corynebacterium bovis*. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. v. 35 (1), p. 1-5, 2015. DOI: 10.1590/S0100-736X2015000100001.

BLAGITZ, M.G.; SOUZA, F.N.; SANTOS, B.P.; BATISTA, C.F.; PARRA, A.C.; AZEVEDO, L.F.; MELVILLE, P.A.; BENITES, N.R.; DELLA LIBERA, A.M. Function of milk polymorphonuclear neutrophil leukocytes in bovine mammary glands infected with *Corynebacterium bovis*. *Journal of Dairy Science*. v. 96, p. 3750-3757. DOI: 10.3168/jds.2012-6370.

BRAEM, G.; DE VliegHER, S.; VERBIST, B.; HEYNDRIKX, M.; LEROY, F.; DE VUYST, L. Culture-independent exploration of the teat apex microbiota of dairy cows reveals a wide bacterial species diversity. *Veterinary Microbiology*. v. 157(2-4), p. 383-390, 2012. DOI: 10.1016/j.vetmic.2011.12.031.

BRAEM, G.; DE VliegHER, S.; VERBIST, B.; PIESENS, V.; VAN COILLIE, E.; DE VUYST, L.; LEROY, F. Unraveling the microbiota of teat apices of clinically healthy lactating dairy cows, with special emphasis on coagulase-negative staphylococci. *Journal of Dairy Science*. v. 96 (3), p. 1499-510, 2013. DOI: 10.3168/jds.2012-5493.

BRONZO, V.; LOPREIATO, V.; RIVA, F.; AMADORI, M.; CURONE, G.; ADDIS, M.F.; CREMONESI, P.; MORONI, P.; TREVISI, E.; CASTIGLIONI, B. The role of innate immune response and microbiome in resilience of dairy cattle to disease: the mastitis model. *Animals (Basel)*. v. 10 (8), p. 1397, 2020. DOI: 10.3390/ani10081397.

BROOKS, B.W.; BARNUM, D.A. Experimental colonization of the bovine teat duct with *Corynebacterium bovis* and the effect on milk somatic cell counts. *Canadian Journal of Comparative Medicine*. v. 48 (2), p. 141-145, 1984.

BROOKS, B.W.; BARNUM, D.A.; MEEK, A.H. An observational study of *Corynebacterium bovis* in selected Ontario dairy herds. *Canadian Journal of Comparative Medicine*. v. 47 (1), p. 73-78, 1983.

DALEN, G.; RACHAH, A.; NORSTEBØ, H.; SCHUKKEN, Y. H.; REKSEN, O. Dynamics of somatic cell count patterns as a proxy for transmission of mastitis pathogens. *Journal of Dairy Science*. v. 102 (12), p. 11349-11358, 2019. DOI: 10.3168/jds.2019-11349.

DE VliegHER, S.; OPSOMER, G.; VANROLLERGHEM, A.; DEVRIESE, L. A.; SAMPIMON, O. C.; SOL, J.; BARKEMA, H. W.; HAESBROUCK, F.; DE KRUIF, A. In vitro growth inhibition of major mastitis pathogens by *Staphylococcus chromogenes* originating from teat apices of dairy heifers. *Veterinary Microbiology*. vol. 101 (3), p. 215-221, 2004. DOI: 10.1016/j.vetmic.2004.03.020.

DERAKHSHANI, H.; PLAIZIER, J.C.; DE BUCK, J.; BARKEMA, H.W.; KHAFIPOUR,

E. Composition and co-occurrence patterns of the microbiota of different niches of the bovine mammary gland: potential associations with mastitis susceptibility, udder inflammation, and teat-end hyperkeratosis. *Animal Microbiome*. v. 2 (11), 2020. DOI: 10.1186/s42523-020-00028-6.

FERRONATTO, J. A.; SOUZA, F. N.; DELLA LIBERA, A. M. M. P.; DE VliegHER, S.; DE VISSCHER, A.; PIEPERS, S.; BLAGITZ, M. G.; HEINEMANN, M. B. Inhibition of the growth of major mastitis-causing pathogens by non-aureus *Staphylococcus* isolates using the cross-streaking method. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. vol. 71 (05), 2019. DOI: 10.1590/1678-4162-11006.

GONÇALVES, J.L.; KAMPHUIS, C.; VERNOOIJ, H.; ARAÚJO JR, J.P.; GRENFELL, R.C.; JULIANO, L.; ANDERSON, K.L.; HOGEVEEN, H.; DOS SANTOS, M.V. Pathogen effects on milk yield and composition in chronic subclinical mastitis in dairy cows. *The Veterinary Journal*. v. 262, 2020. DOI: 10.1016/j.tvjl.2020.105473.

GONÇALVES, J.L.; TOMAZI, T.; BARREIRO, J.R.; BEURON, D.C.; ARCARI, M.A.; LEE, S.H.; MARTINS, C.M.; ARAÚJO JUNIOR, J.P.; DOS SANTOS, M.V. Effects of bovine subclinical mastitis caused by *Corynebacterium* spp. on somatic cell count, milk yield and composition by comparing contralateral quarters. *The Veterinary Journal*. v. 209, p. 87- 92, 2016. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.08.009.

HUXLEY, J.N.; HELPS, C.R.; BRADLEY, A.J. Identification of *Corynebacterium bovis* by endonuclease restriction analysis of the 16S rRNA gene sequence. *Journal of Dairy Science*. v. 87 (1), p. 38-45, 2004. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73139-2.

LAM, T.J.; VAN VLIET, J.H.; SCHUKKEN, Y.H.; GROMMERS, F.J.; VAN VELDENRUSSCHER, A.; BARKEMA, H.W.; BRAND, A. The effect of discontinuation of postmilking teat disinfection in low somatic cell count herds. I. Incidence of clinical mastitis. *The Veterinary Quarterly*. v. 19 (2), p. 41-47, 1997. DOI: 10.1080/01652176.1997.9694738.

LANGONI, H.; SILVA, C. P. C.; TRONCARELLI, M. Z.; TATA, A.; BELAZ, K. R. A.; EBERLIN, M. N.; JOAQUIM, S. F.; GUIMARÃES, F. F.; PARDO, R. B.; GOMES, E. N. Short communication: Identification of *Corynebacterium bovis* by MALDI-mass spectrometry. *Journal of Dairy Science*. v. 100 (6), p. 4287-4289, 2017. DOI: 10.3168/jds.2016-11922.

PANKEY, J.W.; NICKERSON, S.C.; BODDIE, R.L.; HOGAN, J.S. Effects of *Corynebacterium bovis* infection on susceptibility to major mastitis pathogens. *Journal of Dairy Science*. v. 68, p. 1684-2693, 1985. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)81153-X.

PORCELLATO, D.; MEISAL, R.; BOMBELLI, A.; NARVHUS, J.A. A core microbiota dominates a rich microbial diversity in the bovine udder and may indicate presence of dysbiosis. *Scientific Reports*. v. 10, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-77054-6.

RAINARD, P.; POUTREL, B. Dynamics of nonclinical bovine intramammary infections with major and minor pathogens. *American Journal of Veterinary Research*. v. 43 (12), p.

2143- 2146, 1982.

RAINARD, P.; POUTREL, B. Effect of naturally occurring intramammary infections: by minor pathogens on new infections by major pathogens in cattle. *American Journal of Veterinary Research*. v. 49 (3), p. 327-329, 1988.

RAINARD, P.; RIOLLET, C. Mobilization of neutrophils and defense of the bovine mammary gland. *Reproduction Nutrition Development*. v. 43 (5), p. 439-457, 2003. DOI: 10.1051/rnd:2003031.

RAULT, L.; LÉVÊQUE, P.A.; BARBEY, S.; LAUNAY, F.; LARROQUE, H.; LE LOIR, Y.; GERMON, P.; GUINARD-FLAMENT, J.; EVEN, S. Bovine teat cistern microbiota composition and richness are associated with the immune and microbial responses during transition to once-daily milking. *Frontiers in Microbiology*. v. 11, 2020. DOI:10.3389/fmicb.2020.602404.

REYHER, K.K.; DOHOO, I.R.; SCHOLL, D.T.; KEEFE, G.P. Evaluation of minor pathogens intramammary infection, susceptibility parameters, and somatic cell counts on the development of new intramammary infections with major mastitis pathogens. *Journal of Dairy Science*. v. 95 (7), p. 3766-3780, 2012. DOI: 10.3168/jds.2011-5148.

SCHUKKEN, Y.H.; LESLIE, K.E.; BARNUM, D.A.; MALLARD, B.A.; LUMSDEN, J.H.; DICK, G.H.; VESSIE, M.E.; KEHRLI, M.E. Experimental *Staphylococcus aureus* intramammary challenge in late lactation dairy cows: quarter and cow effects determining the probability of infection. *Journal of Dairy Science*. v. 82 (11), p. 2393-2401, 1999. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75490-1.

SILVA, V. M.; SOUZA, M. T.; BLAGITZ, M. G.; SOUZA, F. N.; BATISTA, C. F.; ALVES, A. J.; FERNANDES, A. C. C.; SANCHEZ, E. M. R.; ORDINOLA-RAMIREZ, C. M.; DA COSTA, L.; DELLA LIBERA, A. M. M. P. Milk lymphocyte profile and macrophage functions: new insights into the immunity of the mammary gland in quarters infected with *Corynebacterium bovis*. *BCM Veterinary Research*. v. 17, 2021. DOI: 10.1186/s12917-021-02989-5.

SORDILLO, L.M.; OLIVER, S.P.; GUIDRY, A.J.; DERMODY, J.T. Humoral immune response of bovine mammary glands colonized with *Corynebacterium bovis*. Enumeration of plasma cell populations in tissue and immunoglobulin concentrations in milk. *Journal of Veterinary Medicine*. v. 35 (1-10), p. 617-627, 1988. DOI: 10.1111/j.1439-0450.1988.tb00536.x.

TOLEDO-SILVA, B.; BEUCKLAERE, L.; DE VISSCHER, A.; GEEROMS, C.; MEYER, E.; PIEPERS, S.; THIRY, D.; HAESEBROUCK, F.; DE VLIEGHER, S. Novel Quantitative Assay to Describe In Vitro Bovine Mastitis Bacterial Pathogen Inhibition by Non- aureus Staphylococci. *Pathogens*. vol. 11 (2), p. 264, 2022. DOI: 10.3390/pathogens11020264.

WILSON, D. J.; GONZALEZ, R. N.; DAS, H. H. Bovine Mastitis Pathogens in New York and Pennsylvania: Prevalence and Effects on Somatic Cell Count and Milk Production. *Journal of Dairy Science*. vol. 80 (10), 1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76215-5.

WOODWARD, W.D.; BESSER, T.E.; WARD, A.C.; CORBEIL, L.B. In vitro growth inhibition of mastitis pathogens by bovine teat skin normal flora. *Canadian Journal of Veterinary Research*. v. 51 (1), p. 27-31, 1987.

ZADOKS, R.N.; ALLORE, H.G.; BARKEMA, H.W.; SAMPIMON, O.C.; WELLENBERG, G.J.; GRÖHN, Y.T.; SCHUKKENT, Y.H. Cow- and quarter-level risk factors for *Streptococcus uberis* and *Staphylococcus aureus* mastitis. *Journal of Dairy Science*. v. 84 (12), p. 2649-2663, 2001. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(01)74719-4.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COORDENAÇÃO GERAL DE PROGRAMAS
ACADÊMICOS E DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**PRO
PESQ
UFPB**

Dinâmica florística e desempenho regenerativo em áreas de Caatinga no Cariri paraibano

Vinícius Costa Araújo¹; Francisco Eudes da Silva²; Karialane da Silva Belarmino²; Riselane de Lucena Alcântara Bruno³

Resumo

Considerando a importância de se avaliar a interação entre sistemas de criação extensivo usualmente empregados em florestas tropicais secas e o processo de regeneração da vegetação, este estudo objetivou avaliar a composição florística dos estratos arbustivo e arbóreo em três áreas de Caatinga e estudar o banco de sementes. A análise dos dados foi realizada por meio da estimativa de parâmetros fitossociológicos (absolutos e relativos). A determinação da densidade de sementes no banco do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas e expressa em sementes.m⁻². Ao todo, 15 espécies foram reconhecidas, distribuídas em 9 famílias. A flora do banco de sementes das áreas de estudo foi representada por 27 espécies distribuídas em 12 famílias. As áreas de estudo não se diferem expressivamente em relação a diversidade de espécies, possibilitando o entendimento que o pastejo de caprinos não afeta negativamente a flora dos estratos arbustivo/arbóreo.

Palavras-chave: Banco de sementes. Caatinga. Diversidade. Flora. Fitossociologia

¹ costavinicius2012@gmail.com

² eudessylva@gmail.com

² karialane@hotmail.com

³ lanebruno.bruno@gmail.com, Fenologia de cactáceas e caracterização de áreas de Caatinga sob pastejo contínuo/Dinâmica florística e desempenho regenerativo em áreas de Caatinga no Cariri paraibano, (83) 3049-4532 ppga@cca.ufpb.br.

Apresentação

O bioma Caatinga exerce predominância na região Semiárida brasileira, sendo composto por plantas cujas características intrínsecas as fazem sobreviver a um clima seco e com baixa umidade. Devido às suas importantes propriedades, a flora constituinte desses ecossistemas é alvo de intensa atividade predatória, o que compromete cada dia mais a sobrevivência de suas populações naturais e conseqüentemente a biodiversidade florestal como um todo. Diante disso, estudos com ênfase na dinâmica florística dessas comunidades vegetais tornam-se imprescindíveis para o adequado planejamento e utilização dos recursos existentes, visto que possibilitam a avaliação dos impactos causados e auxiliam na conservação das áreas, à medida que fornecem informações fitossociológicas e acerca do potencial regenerativo das principais espécies constituintes.

O presente estudo esteve vinculado ao projeto “Fenologia de cactáceas e caracterização de áreas de Caatinga sob pastejo contínuo”, desenvolvido no período de setembro de 2022 a agosto de 2023 e cujo objetivo foi avaliar a composição florística dos estratos arbustivo e arbóreo em três áreas de Caatinga e caracterizar o banco de sementes dessas áreas para fins de manejo e conservação, avaliando ainda a contribuição do pastejo caprino para a regeneração e ciclagem de nutrientes nos ambientes estudados.

Fundamentação teórica

A Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 912.529 km², sendo uma das maiores Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) da América do Sul, com ocorrência natural no Brasil, em todos os estados do Nordeste e parte de Minas Gerais (Silva et al., 2020).

Para entender a ampla diversidade da Caatinga, a exemplo da adaptação de suas plantas aos variados tipos de solos e aos fatores edafoclimáticos, se faz necessário o estudo da reprodução de sementes das muitas espécies existentes no bioma, assim como análises de composição florística e fitossociológica.

Os bancos de sementes no solo vem sendo muito pesquisados e compreendem um conjunto de sementes viáveis, que estão no solo ou mesmo entre a serapilheira em um determinado momento; podendo variar entre espaço e condições adversas. O banco de sementes é considerado um sistema dinâmico, podendo ser alterado de acordo com a entrada e a saída de sementes (Ribeiro et al., 2017).

A formação dos bancos de sementes tem a função principal de assegurar a perpetuação das espécies, sendo que, os mecanismos ligados a semente, como dormência, longevidade e viabilidade, permitem que as mesmas permaneçam por longos períodos nas diversas profundidades do solo (Lacerda et al., 2013).

Sabe-se que os bancos de sementes contribuem com a preservação das espécies, sendo considerados fonte de material para restauração ecológica, permitindo a produção de novos indivíduos, mantendo assim, a diversidade genética dos ecossistemas (Nicolcar et al., 2015). As informações sobre o banco de sementes são essenciais para o gerenciamento e implantação de planos de manejo e de recuperação florestal, pois o conhecimento sobre as sementes existentes, permite que se realizem previsões sobre o potencial florístico existente no processo de sucessão de uma determinada área. (Nóbrega et al., 2009).

Aliada a esses estudos e considerada ferramenta importante para o entendimento das comunidades vegetais, a análise fitossociológica fornece informações acerca da distribuição das plantas em seu habitat, auxiliando no planejamento e manejo dos recursos florestais, assim como na avaliação de impactos ambientais e conservação das áreas (Medeiros et al., 2018).

De acordo com Souza et al. (2020), os levantamentos florísticos e fitossociológicos são imprescindíveis para o conhecimento básico de uma determinada vegetação, auxiliando na tomada de decisão em relação ao destino da utilização dos seus recursos naturais, tornando possível uma exploração racional e conservação dos componentes encontrados na área.

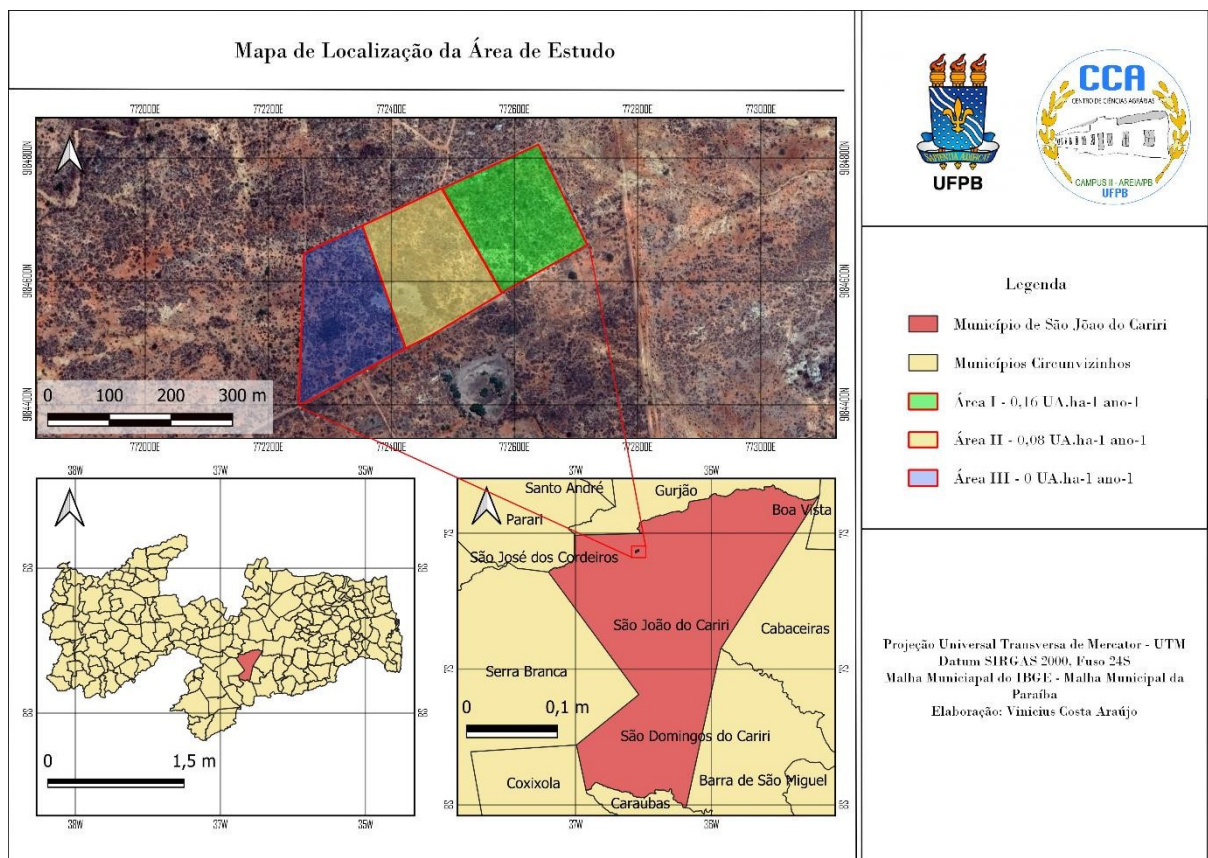
Metodologia

Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em três áreas, sendo duas áreas de pastejo e uma de regeneração natural, na Estação Experimental de São Joao do Cariri (EESJC) pertencente à Universidade Federal da Paraíba, localizada no município de São João do Cariri, Paraíba, entre as coordenadas geográficas 7° ‘23’ ‘3’’ de latitude Sul e 36° ‘3’ ‘59’’ de longitude Oeste, estando o mesmo inserido na zona fisiográfica do Planalto da Borborema, na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Ocidental, a 612,966km² de área territorial (IBGE, 2022).

A área experimental de aproximadamente 10 ha de Caatinga foi subdividida em três, onde a área 1 foi mantida com ausência de pastejo (testemunha) e as áreas 2 e 3 sob pastejo contínuo (Figura 1).

Figura 1. Localização das áreas de estudo na estação experimental em São João do Cariri, Paraíba, Brasil



Análise dos estratos arbustivo e arbóreo nas áreas de estudo

Inicialmente foi realizado um levantamento fitossociológico das plantas arbustivas/arbóreas presentes nas três áreas (I, II e III). O experimento foi realizado na estação chuvosa (60 dias após o início das chuvas, onde as espécies, em sua maioria, estavam em fase reprodutiva).

Para a realização do levantamento fitossociológico foi utilizado o método MuellerDombois e Ellenberg (1974) e Rodal et al. (2013). A partir dos parâmetros relativos foi calculado o valor de importância e o valor de cobertura para cada espécie. O acompanhamento dos estratos arbustivo/arbóreo foi realizado a partir de avaliações em 100 parcelas de 10 x 10m² para cada uma das três áreas de estudo. Todos os indivíduos, com altura igual ou superior a 1 metro foram identificados e quantificados, assim como feita a mensuração do diâmetro ao nível do solo.

Banco de sementes

Na avaliação do estrato herbáceo foram coletadas cinco amostras de solo próximas aos transectos das três áreas de fragmentação da Caatinga, equidistantes (a cada 25m), totalizando um número de 15 amostras de solo.

Para expressar a densidade e a diversidade do banco de sementes do solo foram coletadas amostras com uma estrutura de ferro vazada, com dimensão de 0,50m × 0,50m e profundidade de 5 cm. O instrumento foi adicionado ao nível do solo para padronização da área, incluindo a serapilheira. Posteriormente, foi feita a retirada da fragmentação de solo preso ao instrumento e o mesmo foi acondicionado em bandejas plásticas (28 cm x 42 cm x 7 cm), devidamente identificadas e transportadas para a casa de vegetação para acompanhamento da emergência de plântulas.

Para a implantação do banco de sementes, inicialmente foi determinado o grau de umidade do solo a partir de duas amostras de 20g pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 h. Para a determinação da capacidade de retenção do solo foi utilizado o método gravimétrico por 24 horas.

Na casa de vegetação, as amostras foram diariamente irrigadas, mantendo-se o conteúdo de água próximo a 80% da capacidade de campo do solo. Dessa maneira, foi observado o crescimento das plântulas emergentes para quantificação e identificação taxonômica. As espécies foram organizadas nas famílias conforme a classificação da Flora do Brasil 2020, em construção (Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020). A determinação da densidade de sementes no banco do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas e expressa em sementes.m⁻².

Após 70 dias do início do experimento, foi interrompida a irrigação durante 30 dias e o solo foi revolvido para facilitar a germinação das sementes da camada mais interna. O período de estresse hídrico foi determinado a partir de observações para garantia de que a emergência tivesse estabilizada. Após esse período, foi retomada a irrigação por mais 30 dias. Esse estresse hídrico tem como finalidade simular a condição da estação seca que ocorre no campo, podendo proporcionar a germinação de sementes que apresentem algum tipo de dormência e aquelas que se encontrem nas camadas mais profundas do solo.

Análise dos dados

Para cada espécie foram calculados os valores absolutos e relativos de densidade, frequência e valor de importância, sendo esse último obtido pelo somatório das densidades e frequências relativas. O delineamento experimental utilizado para implantação do banco de sementes na casa de vegetação foi em blocos casualizados, com três tratamentos (áreas) e cinco repetições de solo para cada tratamento. A análise estatística foi realizada através do software R, versão 3.5. (R Core Team, 2018).

Resultados e Discussão

No levantamento conduzido no ano de 2022, nas áreas de estudo, foram registradas quinze espécies nas unidades amostrais, distribuídas em oito famílias botânicas: Anacardiaceae (1), Apocynaceae (1), Burseraceae (1), Cactaceae (3), Combretaceae (1), Euphorbiaceae (4), Fabaceae (2), Verbenaceae (1) (Tabela 1).

Tabela 1. Lista geral de espécies arbustiva-arbórea identificada na Unidade Experimental de São João do Cariri, em São João do Cariri/PB no ano de 2022.

Família/espécie	Nome popular	Forma de vida	Origem	Área		
				I	II	III
Anacardiaceae						
<i>Spondias tuberosa</i> (Arruda)	Umbuzeiro	Arb./Árv.	Nativa	X	-	-
Apocynaceae						
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	Pereiro	Árv.	Nativa	X	X	X
Burseraceae						
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett	Imburana	Arb./Árv.	Nativa	X	-	X
Cactaceae						
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P. Taylor & Stuppy	Palmatória	Arb./Sub./Suc.	Nativa	X	X	X
<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C. Weber) Lavor & Calvente subsp. <i>Gounellei</i>	Xique-xique	Arb./Suc.	Nativa	X	X	X
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F. Ritter	Facheiro	Arb./Árv./Suc.	Nativa	X	-	X
Combretaceae						
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	Arb./Árv./Lia. Vol./Ter.	Nativa	X	X	X
Euphorbiaceae						
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	Favela-de-cachorro	Arb./Árv.	Nativa	-	-	X
<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Marmeleiro-do-brejo	Arb./Sub.	Nativa	X	X	X
<i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão-roxo	Arb./Árv.	Nativa	X	X	X
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Pinhão-pequeno	Arb./Sub.	Nativa	-	X	X
<i>Manihot glaziovii</i> Müll. Arg.	Maniçoba	Árv.	Nativa	X	-	-

Fabaceae						
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema preta	Arb./Sub./ Árv.	Nativa	X	X	X
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	Catingueira	Arb./Árv.	Nativa	X	X	X
Verbenaceae						
<i>Lippia grata</i> Schauer	Alecrim serrote	Arb.	Nativa	-	X	X

Legenda: Arb. – Arbusto; Árv. – Árvore; Sub – Subarbusto; Lia – Liana; Suc – Suculenta.

A ocorrência de alguns indivíduos se deu de maneira exclusiva nas áreas de estudo, a exemplo de *S. tuberosa* e *M. glaziovii* (área I), e *C. quercifolius* (área III). Ainda com relação a ocorrência das espécies nas áreas amostradas, observa-se que dentre os indivíduos da família cactácea, apenas na área II, não houve a presença de *P. pachycladus* (Tabela 1).

As famílias Cactaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae destacaram-se pelo número de espécies reconhecidas e pela alta abundância (Tabela 1, 2, 3 e 4). As espécies pertencentes a estas famílias, por apresentarem características morfológicas e fisiológicas, principalmente da família Fabaceae, apresentam alta capacidade de sobreviver e se estabelecer em áreas de FTSS, capazes de suportar baixa disponibilidade de água e temperaturas elevadas (Tavares Júnior et al., 2015; Silva et al., 2020).

Semelhante a este estudo, Lima e Coelho (2018); Souza et al. (2020) demonstraram relevância florística para espécies desse grupo de famílias acima apresentados.

Os parâmetros fitossociológicos calculados demonstraram elevada importância das espécies *S. tuberosa*, *A. pyriformis*, *C. leptophloeos*, *X. gounellei*, e *C. jacobinensis* para a área I, somando 76,85% do VI; Na área II e III, as espécies *A. pyriformis*, *C. leptophloeos*, *X. gounellei*, e *C. jacobinensis* apresentaram VI acumulado de 75,51% e 72,59%, respectivamente, (Tabela 2, 3 e 4).

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das espécies presentes na Área I (0,16 UA.ha⁻¹ ano⁻¹), na Estação Experimental do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em São João do Cariri-PB no ano de 2022

Espécie	Nº	DA (ind.ha⁻¹)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m².ha⁻¹)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Spondias tuberosa</i> (Arruda)	2	2,00	0,06	99,00	19,68	2,92	16,26	12,00	8,16
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	226	226,00	6,27	99,00	19,68	5,59	31,13	19,03	18,70
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett	3	3,00	0,08	90,00	17,89	5,55	30,94	16,30	15,51
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	92	92,00	2,55	71,00	14,12	0,44	2,46	6,38	2,51
<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente subsp. <i>Gounellei</i>	974	974,00	27,01	70,00	13,92	0,22	12,36	17,76	19,68
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	1	1,00	0,03	33,00	6,56	0,31	1,70	2,76	0,87
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	2	2,00	0,06	31,00	6,16	0,30	1,70	2,64	0,88
<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	1265	1265,00	35,08	1,00	0,20	0,00	0,00	11,76	17,54
<i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.	295	295,00	8,18	4,00	0,80	0,53	2,96	3,98	5,57
<i>Manihot glaziovii</i> Müll.Arg.	2	2,00	0,06	1,00	0,20	0,04	0,21	0,15	0,13
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	10	10,00	0,28	1,00	0,20	0,01	0,06	0,18	0,17
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	734	734,00	20,35	3,00	0,60	0,04	0,22	7,06	10,29
Total	3606,00	3606,00	100	503	100	17,95	100	100	100

Legenda: Nº= Número de Indivíduos, DA = Densidade Absoluta, DR = Densidade Relativa, FA = Frequência Absoluta, FR = Frequência Relativa, DoA = Dominância Absoluta, DoR = Dominância Relativa, VI= Valor de Importância e VC = Valor de Cobertura.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos das espécies presentes na Área II (0,08 UA.ha-1 ano-1), na Estação Experimental do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em São João do Cariri-PB no ano de 2022

Espécie	Nº	DA (ind.ha⁻¹)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m².ha⁻¹)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	272	272.00	7.78	99.00	26.47	5.59	36.72	23,66	22,25
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett	3	3.00	0.09	90.00	24.06	5.55	36.49	20,21	18,29
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	156	156.00	4.46	71.00	18.98	0.44	2.90	8,78	3,68
<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente subsp. <i>gounellei</i>	506	506.00	14.48	70.00	18.72	2.22	14.57	15,92	14,53
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	5	5.00	0.14	31.00	8.29	0.30	2.00	3,48	1,08
<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	1115	1115.00	31.90	1.00	0.27	0.00	0.00	10,72	15,95
<i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.	432	432.00	12.36	4.00	1.07	0.53	3.49	5,67	7,96
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	105	105.00	3.00	4.00	1.07	0.53	3.49	2,52	3,25
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	12	12.00	0.34	1.00	0.27	0.01	0.07	0,23	0,21
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	886	886.00	25.35	3.00	0.80	0.04	0.26	8,80	12,81
<i>Lippia grata</i> Schauer	3	3.00	0.09	3.00	0.80	0.04	0.26	0,38	0,17
Total	3495	3495.00	100	374	100	15.22	100	100	100

Legenda: N°= Número de Indivíduos, DA = Densidade Absoluta, DR = Densidade Relativa, FA = Frequência Absoluta, FR = Frequência Relativa, DoA = Dominância Absoluta, DoR = Dominância Relativa, VI= Valor de Importância e VC = Valor de Cobertura.

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos das espécies presentes na Área III (Ausência de animais), na Estação Experimental do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em São João do Cariri-PB no ano de 2022

Espécie	N°	DA (ind.ha⁻¹)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m².ha⁻¹)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	315	315.00	8.28	99.00	26.47	5.59	36.72	23,82	22,50
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett	22	22.00	0.58	90.00	24.06	5.55	36.49	20,38	18,53
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	231	231.00	6.07	71.00	18.98	0.44	2.90	9,32	4,49
<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente subsp. <i>gounellei</i>	234	234.00	6.15	70.00	18.72	2.22	14.57	13,15	10,36
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	8	8.00	0.21	31.00	8.29	0.30	2.00	3,50	1,11
<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	1730	1730.00	45.45	1.00	0.27	0.00	0.00	15,24	22,76
<i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.	247	247.00	6.49	4.00	1.07	0.53	3.49	3,70	4,99
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	134	134.00	3.52	4.00	1.07	0.53	3.49	2,69	3,50
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	63	63.00	1.66	1.00	0.27	0.01	0.07	0,66	0,86
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	820	820.00	21.54	3.00	0.80	0.04	0.26	7,54	10,90
<i>Lippia grata</i> Schauer	2	2.00	0.05	3.00	0.80	0.04	0.26	0,37	0,16
Total	3806	3806.00	100	374	100	15.22	100	100	100

Legenda: N°= Número de Indivíduos, DA = Densidade Absoluta, DR = Densidade Relativa, FA = Frequência Absoluta, FR = Frequência Relativa, DoA = Dominância Absoluta, DoR = Dominância Relativa, VI= Valor de Importância e VC = Valor de Cobertura.

Verificou-se densidade absoluta (DA) mínima de 3495 ind. ha⁻¹, em área sob pastejo de 5 animais (0,08 UA.ha⁻¹ ano⁻¹), e máxima de 3806 em área sem a presença de animais (Tabela 3 e 4). Os valores observados estão semelhantes ou próximos do que se é observado em áreas de FTSS (Costa, 2020; Souza et al., 2020).

Semelhante a isso, foi observado por Pereira Júnior et al. (2016) uma densidade de 3.738 ind. ha⁻¹ para um fragmento com 35 anos de regeneração, em Iguatu/CE, com clima semiárido quente e precipitação média de 867 ± 304 mm ano⁻¹. Assim como, em estudo desenvolvido por Lopes (2018), que estimou 4.389 ± 578 ind. ha⁻¹ em uma área de clima semiárido quente, com precipitação média anual de 780 mm, em um fragmento com oito anos de regeneração, no município de General Sampaio/CE.

Com relação a frequência absoluta (FA) da área I, entre as três espécies mais abundantes (*S. tuberosa*, *A. pyriformis*, *C. leptophloeos*) foram observados valores de 99,99 e 90%, os quais apresentaram frequência relativa (FR) de 19,68, 19,68 e 17,89%, respectivamente. Na Área II, com taxa de pastejo 0,08 UA.ha⁻¹ ano⁻¹ e na área III sem a presença de animais a FA foi de 99, 90 e 71% e a FR de 26,47, 24,06 e 18,98% respectivamente.

À dominância absoluta (DoA) e relativa (DoR) dos três indivíduos mais abundantes, demonstraram que a DoA na Área I foi de 2,92, 5,59 e 5,55 m². ha⁻¹ e DoR de 16,26, 31,13 e 30,94%, na Área II e III a DoA foi de 5,59, 5,55 e 0,44 m². ha⁻¹ e a DoR de 36,72, 36,49 e 2,90% (respectivamente).

A capacidade de regeneração de algumas espécies florestais depende em grande parte da sua resposta a perturbações naturais ou ações provocadas pelo homem (Lima et al., 2021). Logo, o pastejo de caprinos pode colaborar na recuperação de áreas degradadas de maneira eficaz, a partir de formas de dispersão de sementes, as quais podem dar-se por animais através de modos ectozoocórico e endozoocórico (Wang et al., 2017).

A flora do banco de sementes do solo das três áreas da Unidade Experimental de São João do Cariri foi representada neste estudo por 27 espécies distribuídas em 12 famílias e 23 gêneros (Tabela 5). Os gêneros *Centrosema* (Fabaceae), *Euphorbia* (Euphorbiaceae) *Corchorus*. (Malvaceae) e *Cyperus* (Cyperaceae) foram os que mais se destacaram em relação ao número de espécies.

A abundância de espécies esteve bem próxima, sendo registrado na área I, 12 espécies distribuídas em 7 famílias e na área II, 11 espécies distribuídas em 7 famílias (Tabela 5).

Tabela 5. Lista das famílias e espécies registradas nas Área I (0,16 UA.ha-1 ano-1), Área II (0,08 UA.ha-1 ano-1) e Área III (Ausência de animais), presentes no banco de sementes da Unidade Experimental de São João do Cariri, em São João do Cariri/PB no ano de 2022

Família/espécie	Nome popular	Forma de vida	Origem	Área		
				I	II	III
Fabaceae						
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill.) DC.	Vassourinha	Arb./ Sub.	Nativa			x
<i>Chamaecrista serpens</i> (L.) Greene	Cássia imperial	Sub.	Nativa			x
<i>Centrosema pascuorum</i> Mart. ex Benth.	Jetirana	Lia./Vol./Tre.	Nativa			x
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	<i>Centrosema</i>	Lia./Vol./Tre.	Nativa	x		x
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Amor-de-brejo	Sub.	Naturalizada		x	

<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	Mata-pasto	Erv./Sub.	Nativa	x			
Euphorbiaceae							
<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	Mosquitinho	Erv.	Nativa			x	
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Erva andorinha	Erv.	Nativa			x	
<i>Acalypha poiretii</i> Spreng.	Chorão	Erv./Sub.	Nativa		x		
Amaranthaceae							
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Apaga-fogo	Sub.	Nativa			x	
Asteraceae							
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	Glabrescente	Erv.	Nativa		x	x	
Cleomaceae							
<i>Physostemon guianense</i> (Aubl.) Malme	Flor aranha	Erv.	Nativa			x	
Malvaceae							
<i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank	vassoura	Sub.	Nativa	x	x	x	
<i>Sida brittoni</i> León	Mastruço	Sub.	Nativa	x	x		
<i>Corchorus hirtus</i> L.	Malva-té	Sub.	Nativa		x		
<i>Corchorus argutus</i> Kunth	Embira-branca	Sub.	Nativa	x			
Cyperaceae							
<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	Peri	Erv.	Nativa	x	x	x	
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Junça-de-conta	Erv.	Nativa	x	x	x	
Poaceae							
<i>Tragus berteronianus</i> Schult.	Tragus	Erv.	Nativa			x	
<i>Ichnanthus bambusiflorus</i> (Trin.) Döll	Arrozinho	Erv.	Nativa			x	
<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	Capim-mimoso	Erv.	Naturalizada	x	x	x	
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Capim-de-roça	Erv.	Naturalizada	x	x	x	
Portulacaceae							
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	Erv.	Naturalizada		x		
Heliotropiaceae							
<i>Euploca humilis</i> (L.) Feuillet	Crista-de-galo	Erv./Sub.	Nativa			x	
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	Cauda de gato	Erv./Sub.	Nativa	x			
Rhamnaceae							
<i>Crumenaria decumbens</i> Mart.	Raiz-de-perdiz	Erv.	Nativa	x			
Molluginaceae							
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Capim tapete	Erv.	Nativa	x			

Legenda: Arb. – Arbusto; Sub – Subarbusto; Lia – Liana; Erv. – Erva; Vol. -Volúvel; Tre. – Trepadeira

Com relação a área III, caracterizada como de regeneração natural, foi possível observar a presença de 17 espécies de 8 famílias botânicas. De certa forma, esse resultado já era esperado,

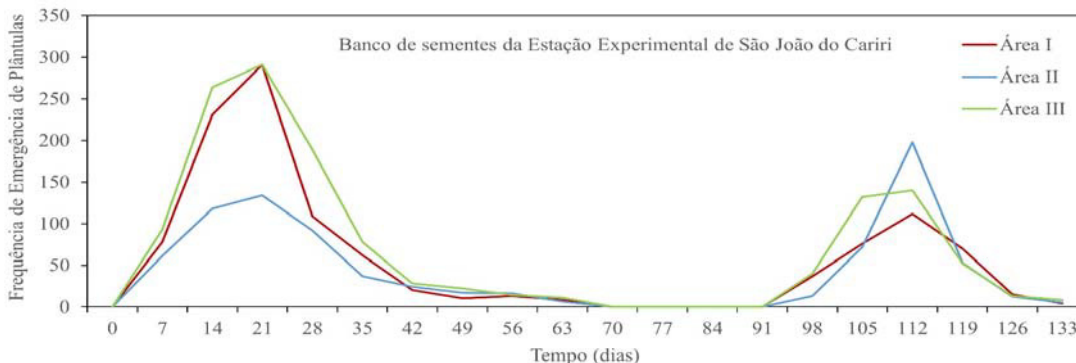
pelo fato de serem ambientes distintos, onde a área com menor grau de conservação deveria apresentar menor número de espécies.

Fabaceae e Poaceae foram as famílias com maior riqueza de espécies no banco de sementes do solo, sendo representadas por seis e quatro espécies, respectivamente. Já em relação as formas de vida predominantes nas áreas estudadas, foi possível observar a predominância de ervas (17 espécies) e subarbustos (12 espécies) (Tabela 5).

A ocorrência de uma determinada forma de vida em áreas ambientais depende, principalmente, do tipo de ação sofrida, uma vez que em áreas onde ocorreu a degradação do ecossistema florestal para a introdução de pastagens ou para cultivo, é notório o domínio de espécies invasoras herbáceas, gramíneas e arbustos (Araújo et al., 2001). Além disso, a riqueza de espécies do banco de semente pode ser influenciada pelo tempo em que ocorre a dispersão e o recrutamento de plântulas (Santos et al., 2020).

A densidade máxima do banco de sementes das áreas de estudos foi de 1375 sementes.m⁻² (área III), 1136 sementes.m⁻² (área II) e 858 sementes.m⁻² (área I). Comparando-se a densidade de sementes/m² nas áreas experimentais, observou-se que houve diferenças entre as áreas sob pastejo de caprinos e de regeneração natural (Figura 2).

Figura 2. Densidade semanal de emergência de plântulas do banco de sementes da Área I (0,16 UA.ha-1 ano-1), Área II (0,08 UA.ha-1 ano-1) e Área III (Ausência de animais), da Unidade Experimental de São João do Cariri, em São João do Cariri/PB no ano de 2022



Em regiões áridas, utilizando-se do método de emergência de plântulas, Mamede e Araújo (2008) observaram densidade de sementes variando de 807 a 2.642 sementes.m⁻². A ocorrência, duração do período chuvoso e a diminuição da disponibilidade hídrica em Florestas Tropicais Sazonalmente Secas influenciaram diretamente tanto na densidade de sementes no banco, quanto na dinâmica do banco, principalmente por espécies anuais, estando o número de sementes sujeito à variação sazonal e inter-anual (Faceli et al., 2005).

Diversos fatores podem influenciar na composição e na densidade do banco de sementes, desde perturbações no ambiente (incêndios ou alagamentos) até a pré-dispersão, através de agentes bióticos ou abióticos (vento, gravidade, chuva e animais) (Santos et al., 2020). Logo, as sementes podem permanecer dormentes no solo por longos períodos até encontrarem condições ambientais favoráveis para a germinação, ou, por outro lado, podem ser movidas por animais na direção oposta ou mesmo serem trazidas para a superfície do solo por meio do vento ou escoamento superficial (Bochet, 2015).

Conclusões

As espécies *A. pyrifolium*, *C. leptophloeos* e *C. jacobinensis* têm maior abundância e ocorrência nas áreas de estudo, estas, por sua vez, não se diferem expressivamente em relação

à diversidade de espécies, possibilitando o entendimento de que o pastejo de caprinos não afeta negativamente a flora dos estratos arbustivo/arbóreo;

O banco de sementes do solo nas três áreas em estudo é representado pelas famílias Fabaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae e Cyperaceae, tendo estas se destacado com relação as demais quanto ao número de espécies;

A forma de vida predominante é de ervas e subarbustos, tendo a área III maior valor quanto à densidade de sementes.

Perspectivas

Com a realização deste estudo foi possível se caracterizar a flora de diferentes áreas de estudo e relacionar a influência do pastejo contínuo sobre a diversidade de espécies; além disso, também foi possível a avaliação dos estratos com base em análises fitossociológicas e definir uma relação acerca da contribuição dos caprinos para a dispersão e conseqüentemente estabelecimento de espécies nessas áreas.

Os resultados conseguidos são de grande relevância para o bioma Caatinga e pecuária paraibana, pois poderão ser utilizados como base para estudos posteriores, assim como para tomadas de decisão quanto ao manejo e conservação adequados nas referidas áreas.

Vale salientar que sabendo-se das especificidades ocorrentes na Caatinga, em especial à distribuição irregular das chuvas ao longo do tempo, pesquisas a longo prazo são de grande relevância tanto para a comunidade local quanto para o meio científico, pois poderão fornecer subsídios essenciais para a adoção de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade florestal.

Referências

ARAÚJO, M. M.; OLIVEIRA, F. D. A.; VIEIRA, I. C. G.; BARROS, P. L. C. D.; LIMA, C. A. T. D. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis*, v. 59, n. 1, p. 115-130, 2001.

BOCHET, E. The fate of seeds in the soil: a review of the influence of overland flow on seed removal and its consequences for the vegetation of arid and semiarid patchy ecosystems. *Soil*, v. 1, n. 1, p. 131-146, 2015.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. *Field & laboratory methods for general ecology*. 2. ed. Dubuque: Wm.C. Brown Publishers, 226.

COSTA, E.J.P. da. Mudanças na estrutura da vegetação em uma área de Caatinga entre 2015 e 2019. 65 p. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Macaíba, 2020.

FACELLI, J. M.; CHESSON, P. BARNES, N. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. *Ecology*, v. 86, n. 11, p. 2998-3006, 2005.

FERREIRA, CHEILA D.; SOUTO PATRÍCIA C.; LUCENA DANIELLY S. SALES FRANCISCO DAS C. V.; SOUTO JACOB S. Florística do banco de sementes no solo em

diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 4, p. 562-569, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em <<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-joao-do-cariri/panorama>>>. Acesso 04 de julho de 2023.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Flora do Brasil 2020 em construção. Rio de Janeiro, [2020]. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

LACERDA, K. A. P. et al. Organic carbon, biomass and microbial activity in an Oxisol under different management systems. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 56, n. 3, p. 249-254, 2013.

LIMA, B.G.; COELHO, M.F.B. Fitossociologia e estrutura de um fragmento florestal da Caatinga. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 2 p. 809-819, 2018.

LIMA, T. L.; SILVA, J. A. A.; LONGHI, R. V.; GALLO, R.; HAKAMADA, R. E.; SANTOS, M. V. F.; ... & FERREIRA, R. L. C. Structure, survival, and species diversity in a tropical dry forest submitted to coppicing. *Forest Ecology and Management*, v. 501, n. 1, p. 1197, 2021.

LOPES, J.F.B. Dinâmica da biomassa aérea e remanescente em área de plano de manejo na floresta tropical seca, Caatinga. 74 p. 2018. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza 2018.

MAMEDE, M. A.; ARAÚJO, F. S. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of Caatinga vegetation in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v.72, n. 4, p. 458-470, 2008.

MEDEIROS, F. S.; SOUZA, M. P.; CERQUEIRA, C. L.; ALVES, A. R.; SOUZA, M. D.; BORGES, C. H. A. Florística, fitossociologia e modelagem da distribuição diamétrica em um fragmento de Caatinga em São Mamede-PB. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 14, n. 2, p. 85-95, 2018.

MULLER-DUMBOIS, D., ELLENBERG, H. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: Wiley. p. 45-66, 1974.

NICULCAR, R.; LATORRE, K.; VIDAL, O. J. Conservación ex situ plantas en el banco de germoplasma SAG-Magallanes: Una herramienta para la restauración ecológica. In: *Anales del Instituto de la Patagonia*. Universidad de Magallanes, v. 43, n. 1, p. 109-113, 2015.

NÓBREGA, A. M. F.; VALERI S. V. PAULA R. C.; PAVANI M. C. M. D.; SILVA S. A. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do rio Mogi-Guaçu-SP. *Revista Árvore*, v. 33, n. 3, p. 403-411, 2009.

PEREIRA JÚNIOR, L.R.; ANDRADE, E.M.; PALÁCIO, H.A.Q.; RAYMER, P.C.L.;

RIBEIRO FILHO, J.C.; PEREIRA, F.J.S. Carbon stocks in a tropical dry forest in Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n.1, p. 32-40, 2016.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Available from: <<https://www.R-project.org>>.

RIBEIRO, T. O. Diversidade do banco de sementes em diferentes áreas de caatinga manejadas no semiárido da Paraíba, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 27, p. 203-213, 2017.

SANTOS, A. M. D. S.; BRUNO, R. D. L. A.; CRUZ, J. D. O.; SILVA, I. D. F. D.; ANDRADE, A. P. D. Space variability of the seed bank in area of Caatinga in the Northeastern region of Brazil. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 2, p. 542-555, 2020.

SILVA, L.S.; COSTA, T.R.; SALOMÃO, N.V.; ALVES, A.R.; SANTOS, T.R.; MACHADO, E.L.M. Mudanças temporais na estrutura vegetacional de um fragmento de Caatinga, sul do Piauí. *Scientia Plena*, v. 16, n. 2, p. 1-12, 2020.

SOUZA, M. R.; FERREIRA, M. B.; SOUSA, G. G.; ALVES, A. R.; HOLANDA, A. C. Caracterização florística e fitossociológica do componente lenhoso de um fragmento florestal de Caatinga em Serra do Mel, Rio Grande do Norte, Brasil. *Nativa*, v. 8, n. 3, p. 329-335, 2020.

TAVARES-JUNIOR, J.B.; SANTOS, T.M.M.; SOUZA, E.G.A.; MENESES, C.H.S.G.; SOARES, C.S. Produção de fabáceas para adubação verde no agreste paraibano. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, v. 11, n. 1, p. 47-58, 2015.

WANG, S.; LU, W.; WALY, N.; MA, C.; ZHANG, Q.; WANG, C. Recovery and germination of seeds after passage through the gut of Kazakh sheep on the north slope of the Tianshan Mountains. *Seed Science Research*, v. 27, n. 1, p. 43-49, 2017.



CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO PÓ DE *SPIRULINA PLATENSIS* PELA TÉCNICA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR E SUA CORRELAÇÃO COM A ATIVIDADE RELAXANTE EM CORPO CAVERNOSO

Daiany Maria Claudino Francelino¹; Anderson Fellyp Avelino Diniz²; Bárbara Cavalcanti Barros³; Josean Fechine Tavares⁴; Bagnólia Araújo Costa⁵

Resumo

Spirulina platensis (SP) é uma microalga, com atividades antioxidantes, anti-inflamatórias. Ademais, estudos realizados por nosso grupo de pesquisa, constataram que a suplementação com SP preveniu a diminuição do número de ereções e a reatividade contrátil cavernosa em ratos obesos. Dessa forma, objetivou-se realizar a caracterização química do pó da *S. platensis* e avaliar se seu composto majoritário seria promissor na disfunção erétil, baseado em dados da literatura. O extrato de SP foi analisado por Ressonância Magnética Nuclear (RMN) de ¹H e ¹³C, utilizando clorofórmio deuterado (CDCl₃). As atribuições de ¹H e ¹³C foram comparadas com os dados da literatura, confirmando que o composto identificado, trata-se do γ -linolenato de metila, éster metílico do ácido γ -linolênico (GLA), que ao ser metabolizado pelas cicloxigenases converte-se em Prostaglandina E₁, relaxante do músculo liso cavernoso. Portanto, o γ -linolenato pode vir a ser um dos constituintes químicos responsáveis pela melhora da disfunção erétil.

Palavras-chave: Microalga. Disfunção erétil. Composto majoritário. Ácido γ -linolênico.

Apresentação

A *Spirulina platensis* (SP), de sinonímia *Arthrospira platensis*, é uma microalga verde-azulada, unicelular do filo das cianobactérias, que apresenta uma rica composição nutricional incluindo carboidratos (20%), proteínas (70%), lipídios (13%), vitaminas e minerais, além de substâncias bioativas como β -caroteno, polissacarídeos, ácido γ -linolênico e ficocianina (Cai *et al.*, 2022; Elfar *et al.*, 2022), responsáveis pelas atividades antitumoral (Uppin; Dharmersh, 2022), antioxidante (Sibiya *et al.*, 2022) e anti-inflamatória (Ngu *et al.*, 2022).

Através de experimentos realizadas em nosso laboratório, foi evidenciado que a suplementação com *S. platensis* preveniu a diminuição do número de ereções penianas e diminuiu a reatividade contrátil cavernosa de ratos obesos, bem como restaurou a função erétil de ratos alimentados com dieta hipercalórica, mediante aumento da biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) (Diniz *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2022). Ademais, em relação as taxas de brasileiros

¹ daiany.maria2015@gmail.com

² andersonfellyp@gmail.com

³ bcavalcantibarros@hotmail.com

⁴ josean@lftf.ufpb.br

⁵ bagnoliasilva@yahoo.com, Investigação do mecanismo de ação antioxidante preventivo da *Spirulina platensis* sobre o acoplamento eletromecânico em corpo cavernoso de ratos Wistar alimentados com dieta hipercalórica. Caracterização química do pó de *Spirulina platensis* pela técnica de Ressonância Magnética Nuclear e sua correlação com a atividade relaxante em corpo cavernoso. Bolsista CNPq, número +55 61 3211-4000 e e-mail atendimento@cnpq.br.

com DE, em um estudo realizado no ano de 2020, Goldstein e colaboradores relataram uma taxa de até 37,2% (Goldstein *et al.*, 2020).

Dessa forma, faz-se necessário a utilização de fármacos para o tratamento da DE, que pode ser definida como a incapacidade constante de alcançar ou manter uma ereção peniana suficiente para satisfação sexual, dentre os mais utilizados estão os inibidores da fosfodiesterase do tipo 5 (PDE 5), como sildenafila e tadalafila, que aumentam os níveis intracelulares de monofosfato cíclico de guanosina (cGMP), promovendo relaxamento e consequentemente a ereção peniana (Santos; Lago; Peixoto, 2022).

Em contrapartida, o uso desses fármacos está associado ao aparecimento de efeitos adversos como náuseas, tontura e erupções cutâneas, que comprometem o bem estar e a qualidade de vida dos homens (Rodrigues *et al.*, 2021; Guisso; Oliveira, 2022).

Nesse sentido, é de suma importância a realização de novas pesquisas, incluindo estudos de caracterização química através de técnicas espectroscópicas, que permitam isolamento, purificação e identificação dos componentes desta microalga para posterior correlação com suas propriedades farmacológicas (Rodrigues, 2020).

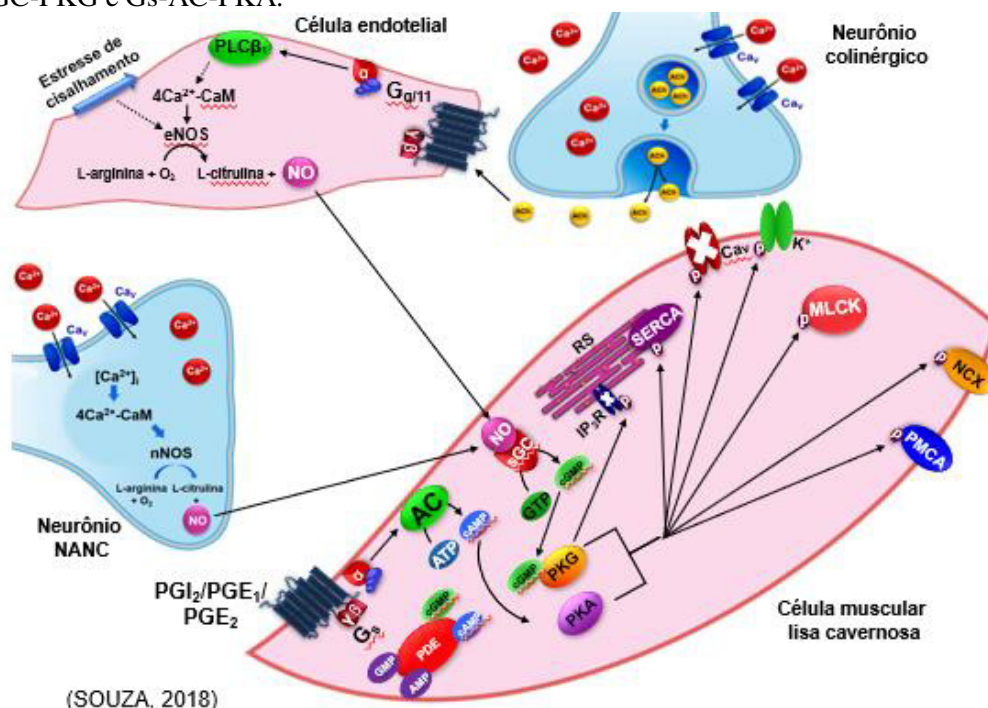
Dessa forma, no artigo publicado por Diniz *et al.*, 2023 foi sugerido pelos revisores a caracterização química da *S. platensis* com o intuito de identificar seus componentes bioativos, e destes quais seriam responsáveis pelos benefícios observados na musculatura lisa. Com isso, resolvemos identificar a estrutura química do constituinte majoritário de *S. platensis* através de métodos espectroscópicos, utilizando ressonância magnética nuclear de ^1H e ^{13}C , em comparação com os dados na literatura e correlacioná-lo com a atividade relaxante do corpo cavernoso de ratos.

Referencial teórico

Disfunção erétil, fisiologia e tratamento

A DE ocorre devido a desregulação de alguma das etapas das vias de sinalizações, sejam elas relaxantes ou contráteis, resultando na incapacidade constante de alcançar ou manter uma ereção peniana suficiente para a satisfação sexual, comprometendo a qualidade de vida de homens e suas parceiras (Debasis *et al.*, 2020). O processo fisiológico da ereção é mediado pelo óxido nítrico (NO), um gás lipossolúvel, que permeia a membrana das células musculares lisas cavernosas, se liga e ativa a ciclase de guanilil solúvel e através do aumento dos níveis de monofosfato cíclico de guanosina (cGMP) e redução dos níveis de Ca^{2+} intracelular, induz relaxamento (Leitão-Junior, 2022). Outros mediadores relaxantes, como as prostaglandinas E_1 e E_2 e a prostaciclina atuam em receptores EP_2 , EP_4 e IP, respectivamente, sendo todos acoplados a proteína Gs. A subunidade αs -GTP ativa a ciclase de adenilil (AC), que converte o trifosfato de adenosina (ATP) em monofosfato cíclico de adenosina (cAMP), responsável por ativar a proteína cinase dependente de cAMP (PKA). Essa cinase fosforila os mesmos alvos da PKG para promover o relaxamento muscular cavernoso, com exceção do IP_3R (Figura 1) (Hamzehnejadi *et al.*, 2022).

Figura 1 – Mecanismo farmacomecânico do relaxamento no músculo liso cavernoso pela ativação da via NO-sGC-PKG e Gs-AC-PKA.



NANC: não colinérgico não adrenérgico; $[Ca^{2+}]_i$: concentração intracelular de Ca^{2+} ; CaM: calmodulina; nNOS: sintase do óxido nítrico neuronal; NO: óxido nítrico; Cav: canais de Ca^{2+} dependentes de voltagem; eNOS: sintase do óxido nítrico endotelial; PGI₂: prostaciclina; PGE_{1/2}: prostaglandina E do tipo 1 e 2; AC: ciclase de adenilil; ATP: trifosfato de adenosina; cAMP: monofosfato cíclico de adenosina; PKA: proteína cinase dependente de cAMP; AMP: monofosfato de adenosina; sGC: ciclase de guanilil solúvel; GTP: trifosfato de guanosina; cGMP: monofosfato cíclico de guanosina; PKG: proteína cinase dependente de cGMP; GMP: monofosfato de guanosina; IP₃: 1,4,5-trifosfato de inositol; RS: retículo sarcoplasmático; SERCA: Ca^{2+} -ATPase do RS; Cav: canais de Ca^{2+} dependentes de voltagem; MLCK: cinase da cadeia leve da miosina; NCX: trocador Na^+ / Ca^{2+} ; PMCA: Ca^{2+} -ATPase da membrana plasmática; PDE: fosfodiesterase.

Fonte: Souza, 2018.

Atualmente, o tratamento farmacológico da DE inclui inibidores da fosfodiesterases do tipo 5 (PDE 5), como sildenafil e tadalafila, que apresentam efeitos adversos relevantes aos pacientes, como dor de cabeça, atrofia óptica e aumento do risco de infarto (Rodrigues *et al.*, 2021; Valladales-Restrepo; Machado-alba, 2021). Além disso, outras alternativas são as injeções intracavernosas, terapias hormonais e próteses penianas, que são mais invasivas e de alto custo (Raheem *et al.*, 2021).

Diante disso, tendo em vista o impacto desta doença para a sociedade, é fundamental aprofundar os estudos sobre a fisiopatologia dessa desordem, bem como a descoberta de novas substâncias, afim de encontrar tratamentos mais eficazes e com menos efeitos colaterais.

Spirulina platensis

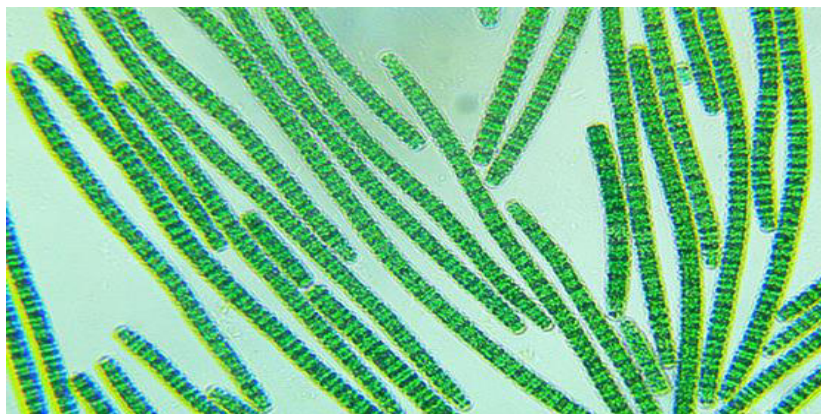
A *Spirulina platensis* (figura 2), pertencente à família Spirulinaceae, é bem descrita na literatura quanto ao seu alto valor nutricional por apresentar mais de 70% de proteínas em sua composição, rica em aminoácidos essenciais, como isoleucina, leucina, lisina, valina e metionina. Ademais, possui vitaminas como, B1, B2, B6, B12, K e compostos antioxidantes, incluindo β -caroteno e ficocianina (Elfar *et al.*, 2022). Inúmeras atividades farmacológicas já foram descritas para *S. platensis*, algumas delas são: antioxidante (Lee *et al.*, 2017), anti-hipertensiva (Santos, 2020), anti-inflamatória e antiobesidade (Golestani *et al.*, 2021).

Dessa forma, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) classificou esta microalga como novo alimento, autorizando sua utilização como suplemento alimentar, com segurança comprovada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (Brasil, 2013; Brasil, 2017a; OMS, 2017b).

Através de pesquisas realizadas em nosso laboratório, foi evidenciado o efeito protetor da suplementação alimentar com *S. platensis*, na dose de 25 mg/kg, em um modelo de disfunção erétil associado ao consumo de dieta hipercalórica em ratos Wistar, visto que a alga preveniu a diminuição do número e redução do tempo para o início das ereções penianas *in vivo*, preveniu *in vitro* o aumento da contratilidade cavernosa nos acoplamentos eletro- e farmacomecânico, bem como potencialização da resposta relaxante (Souza, 2018). Além disso, restaurou a função erétil, mediante a biodisponibilidade de NO (Diniz *et al.*, 2020) e preveniu o estresse oxidativo e inflamação em ratos obesos (Diniz *et al.*, 2023).

Mediante o exposto, a *S. platensis* mostra-se promissora no tratamento da disfunção erétil induzida pela obesidade. Entretanto, faz-se necessário a caracterização química do seu pó, objetivando a identificação dos possíveis compostos responsáveis por tal efeito farmacológico.

Figura 2 – *Spirulina platensis*.



Fonte: <https://scialert.net/abstract>

Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

Os produtos naturais são a principal fonte de novas moléculas candidatas a futuros fármacos. Sendo assim, a busca por métodos de isolamento e caracterização químicas dessas estruturas são alvos de pesquisas por todo mundo. Dentre elas, encontra-se a RMN, considerada padrão devido vantagens em relação a alta reprodutibilidade, quantificação, não destrutiva e análise de um ou mais núcleos H^1 , C^{13} , P^{31} , N^{15} (Gowda; Raftery, 2021).

Essa técnica, baseia-se na absorção de energia de núcleos que apresentam spin diferente de zero, a exemplo de H e C com spin de $\frac{1}{2}$. Dessa forma, ao expor um campo magnético (β_0) alguns spins alinham-se a favor (estado de mais baixa energia) e outros contra (estado de mais alta energia) o β_0 , com a radiofrequência os núcleos mudam de estado de spin e essa energia é quantizada e varia de acordo com o ambiente químico. Ao cessar a radiofrequência, todos os núcleos voltam ao seu estado inicial, fenômeno denominado de relaxação. Os resultados são expressos em espectros, que relacionam o deslocamento químico (frequência) em função da intensidade do sinal, sendo o zero da escala o tetrametilsilano (TMS), por ser altamente blindado e solúvel em quase todos os solventes orgânicos (Pavia, 1996). Os espectros obtidos são comparados com referências presentes em bancos de dados, para confirmação da estrutura molecular (wishart *et al.*, 2022).

Com isso, essa técnica permite a identificação e elucidação de moléculas provenientes de produtos naturais, a exemplo de microalgas, que podem ser testadas e avaliadas quanto ao seu potencial farmacológico, através de estudos *in vivo* e *in vitro*, expandindo ainda mais o arsenal terapêutico das mais variadas patologias, incluindo a DE (Bisht *et al.*, 2021).

Metodologia

O projeto foi desenvolvido em parceria com o Laboratório Multiusuário de Caracterização e Análise (LMCA), que funciona no Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos (IPeFarM) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), o qual dispõe dos equipamentos e reagentes necessários para a execução desse projeto.

Produto-teste

A *Spirulina platensis* foi adquirida do laboratório INFINITY Pharma (HONG KONG, China) na forma de pó e uma amostra foi fracionada e distribuída pela Farmácia de Manipulação Roval (João Pessoa, Paraíba, Brasil).

Análise do perfil químico de *Spirulina platensis*

Extração

100 mg do pó verde foram submetidos à extração com 100 mL de clorofórmio por 15 min em banho de ultrassom e após este procedimento foi realizada uma filtração. A solução foi concentrada sob pressão reduzida. O extrato foi analisado por RMN.

Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

O ^1H RMN e o ^{13}C RMN foram registrados no Bruker AVANCE NEO (500 MHz FT-RMN) e AVANCE HD (400 MHz FT-RMN) usando clorofórmio deuterado (CDCl_3) como solvente e tetrametilsilano (TMS) como padrão interno. Os deslocamentos químicos (δ) foram expressos em partes por milhão (ppm). As multiplicidades da RMN ^1H foram indicadas segundo a convenção: *s* (simpleto), *t* (triplete) e *m* (multiplete).

Resultados

RMN do extrato de *S. platensis* em D_2O

Inicialmente o extrato de *S. platensis* em D_2O foi analisado em RMN para avaliar o perfil químico do pó. Com isso, no espectro de RMN ^{13}C -APT (100 MHz, D_2O) (figura 4) foram observados sinais atribuídos aos carbonos carboxílicos δ_{C} 185,38, aromáticos δ_{C} 146, 26 - 118,68, carbinólicos δ_{C} 101,10 - 53,40 e alifáticos δ_{C} 42,64 - 13,93.

Já no espectro de RMN de ^1H (400 MHz, D_2O) (figura 5) foi possível observar regiões de sinais entre δ_{H} 0-2 característico de hidrogênios alifáticos, 3-5 ppm de hidrogênios carbinólicos e 6-8 para hidrogênios aromáticos.

Identificação estrutural de Sp-1 em extrato clorofórmico de *S. platensis*

No espectro de RMN de ^{13}C -APT (100 MHz, CDCl_3) (Figura 6) foram observados 19 sinais, atribuídos a 19 átomos de carbono, sendo um sinal correspondente a um carbono

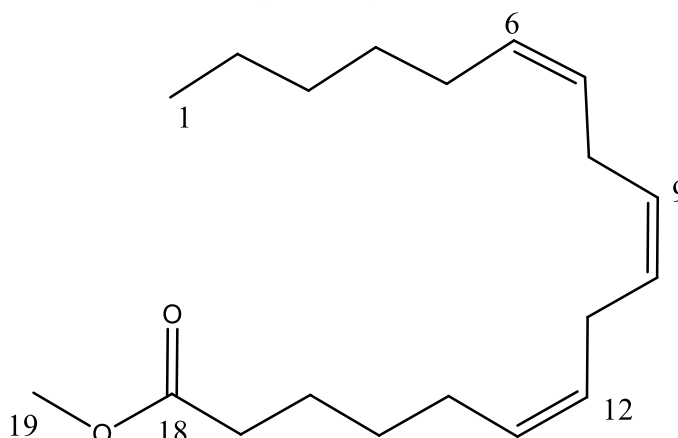
quaternário (C), seis carbonos metínicos (CH), dez carbonos metilênicos (CH₂), um carbono metílico (CH₃) e um carbono de metoxila (OCH₃).

Foi observado no espectro três sinais em 127,56 (C-7 e C-12), 129,55 (C-9 e C-10), 130,41(C-6 e C-13) referentes aos carbonos olefínicos. Os sinais em 174,82 (C-18), 50,9 (C-19) e 14,4 (C-1), pertencem aos carbonos da carbonila, metoxila e metila respectivamente. Foi observado também uma faixa de sinais na região de 22,9- 34,7 atribuídos aos carbonos (C2, C3, C4, C5, C8, C11, C14, C15, C16, C17) (Figura 6).

No espectro de RMN de ¹H (400 MHz, CDCl₃) (Figura 7) foram registrados na região de hidrogênios olefínicos, um multipeto em: δ_H 5,3 (*m*) referente aos hidrogênios (H-6, H-7, H-9, H-10, H-12, H-13). Observou-se também um triplete em δ_H 0,9 e um simpleto em δ_H 3,3 (*s*) pertencentes aos hidrogênios H-1 e H-19 da metila e metoxila, respectivamente. Já os multipletos em δ_H 2,7 (*m*) (H-8 e H-11) e 2,1(*m*) (H-5 e H-14), são referentes aos hidrogênios alílicos, 2,2 (*m*) (H-17) hidrogênios alfas carbonílicos, e 1,7 (*m*) (H-3, H-4, H-15 e H-16). O multipeto em δ_H 1,3 (*m*) (H-2) hidrogênios vizinhos a metila.

As atribuições de ¹H e ¹³C foram comparadas com os dados da literatura, confirmando que o composto majoritário identificado se trata do γ- linolenato de metila, éster metílico do ácido γ-linolênico (GLA) (Figura 3) (Jubie *et al.*, 2015).

Figura 3 – Estrutura do γ-linolenato de metila (GLA-Me).



Fonte: Autores, 2024.

Quadro 1 – Dados de RMN ¹H e ¹³C-APT (400 x 100 MHz em CDCl₃) e na literatura (300 x 75 MHz em CDCl₃).

Sp-1			Modelo da literatura *	
C	δ _H	δ _C	δ _H	δ _C
1	0,9 (H ₃ , <i>t</i>)	14,4	0,9 (H ₃ , <i>t</i>)	14,14
2	1,3 (H ₂ , <i>m</i>)	22,90- 34,73	1,3 (H ₂ , <i>m</i>)	22,53
3	1,7 (H ₂ , <i>m</i>)	22,90- 34,73	1,7 (H, <i>m</i>)	33,83
4	1,7 (H ₂ , <i>m</i>)	22,90- 34,73	1,7 (H, <i>m</i>)	29,23
5	2,1 (H ₂ , <i>m</i>)	22,90- 34,73	2,1 (H ₂ , <i>m</i>)	26,85
6	5,3 (H, <i>m</i>)	130, 41	5,5 (H, <i>m</i>)	130,41

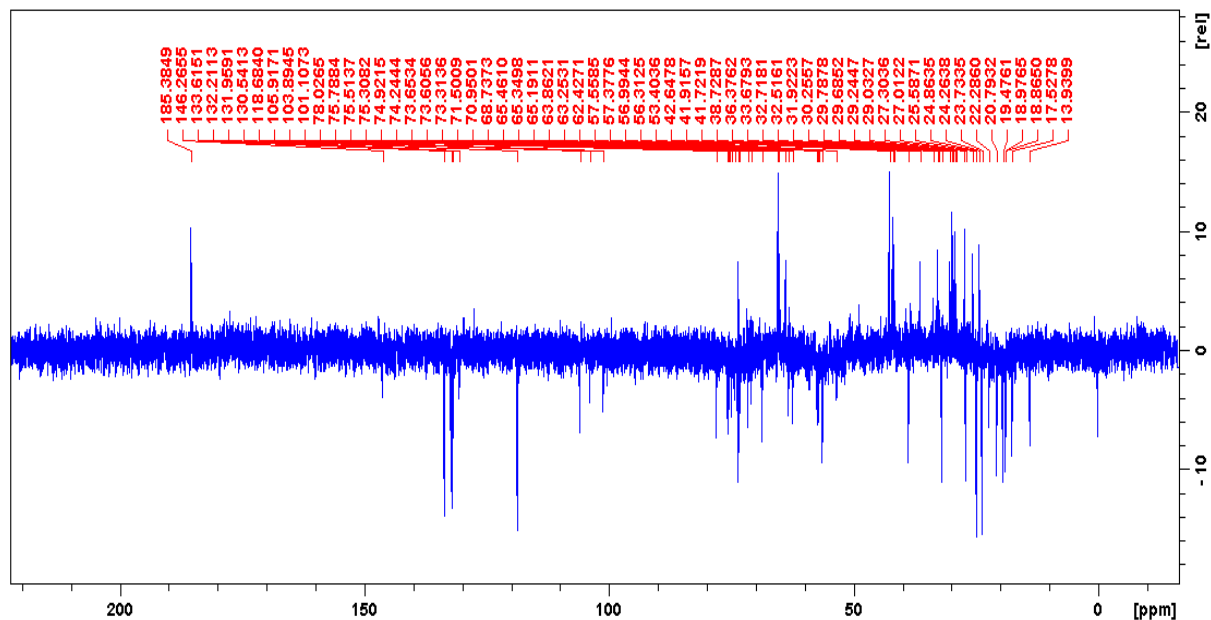
7	5,3 (H, m)	127,56	5,5 (H, m)	127,56
8	2,7 (H ₂ , m)	22.90- 34.73	2,6(H ₂ , t)	24,55
9	5,3 (H, m)	129.55	5,5 (H, m)	129,55
10	5,3 (H, m)	129.55	5,5 (H, m)	129,55
11	2,7 (H ₂ , m)	22.90- 34.73	2,6 (H ₂ , t)	24,75
12	5,3 (H, m)	127.56	5,5 (H, m)	127,56
13	5,3 (H, m)	130, 41	5,5 (H, m)	130,41
14	2,1 (H ₂ , m)	22.90- 34.73	2,1 (H ₂ , m)	27,18
15	1,7 (H ₂ , m)	22.90- 34.73	1,7 (H, m)	29,21
16	1,7 (H ₂ , m)	22.90- 34.73	1,7 (H, m)	25,60
17	2,2 (H ₂ , m)	22.90- 34.73	2,3 (H ₂ , t)	31,72
18	-	174.82	-	174,82
19	3.3 (H ₃ , s)	50.94	3,7 (H ₃ , s)	51,51

Literatura*: Jubie *et al.*, 2015.

Legenda: s= simpleto, m= multipeto, t= tripleto.

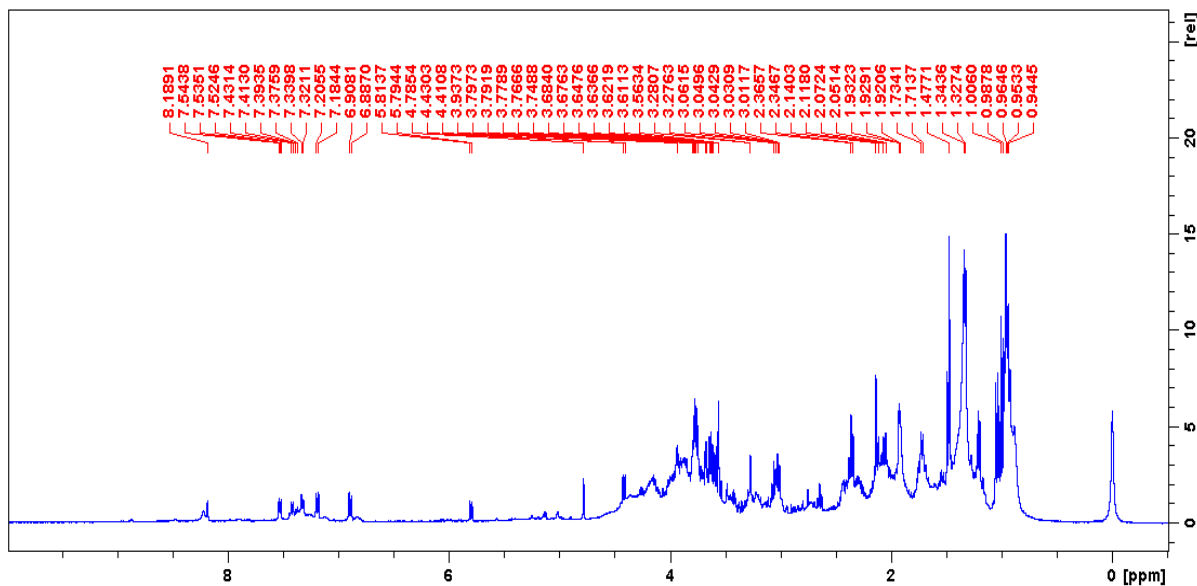
Fonte: Autores, 2024.

Figura 4 – Espectro de RMN de ¹³C do extrato de *S. platensis* em D₂O.



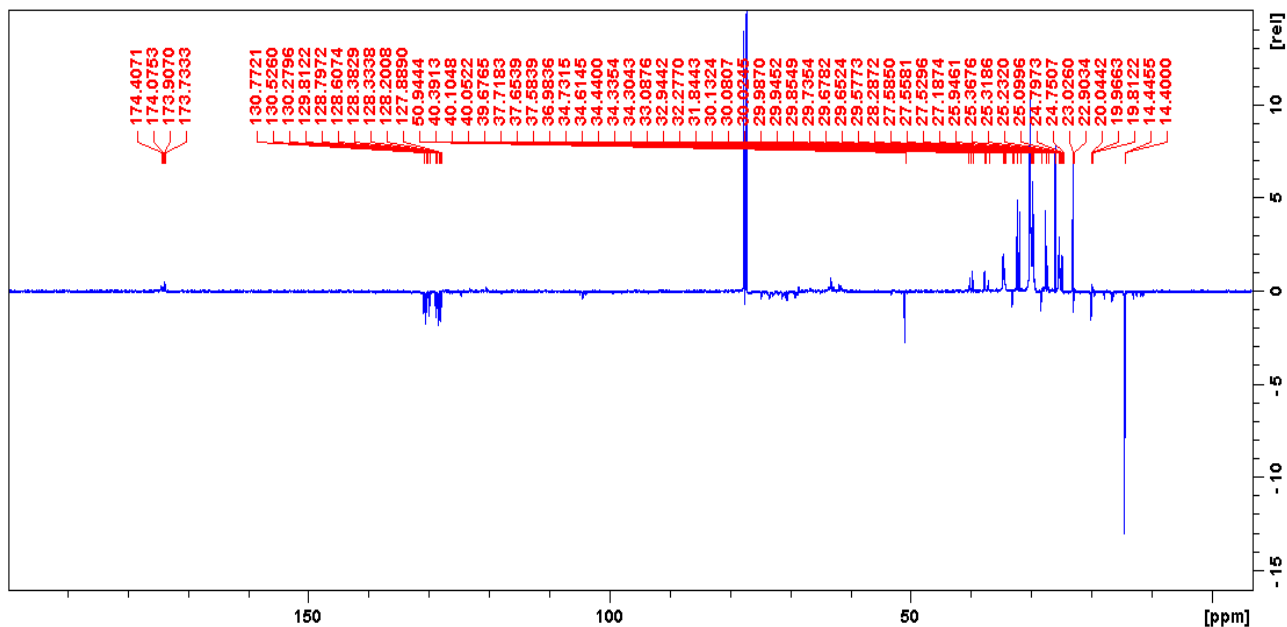
Fonte: Autores, 2024.

Figura 5 – Espectro de RMN de ^1H do extrato de *S. platensis* em D_2O .



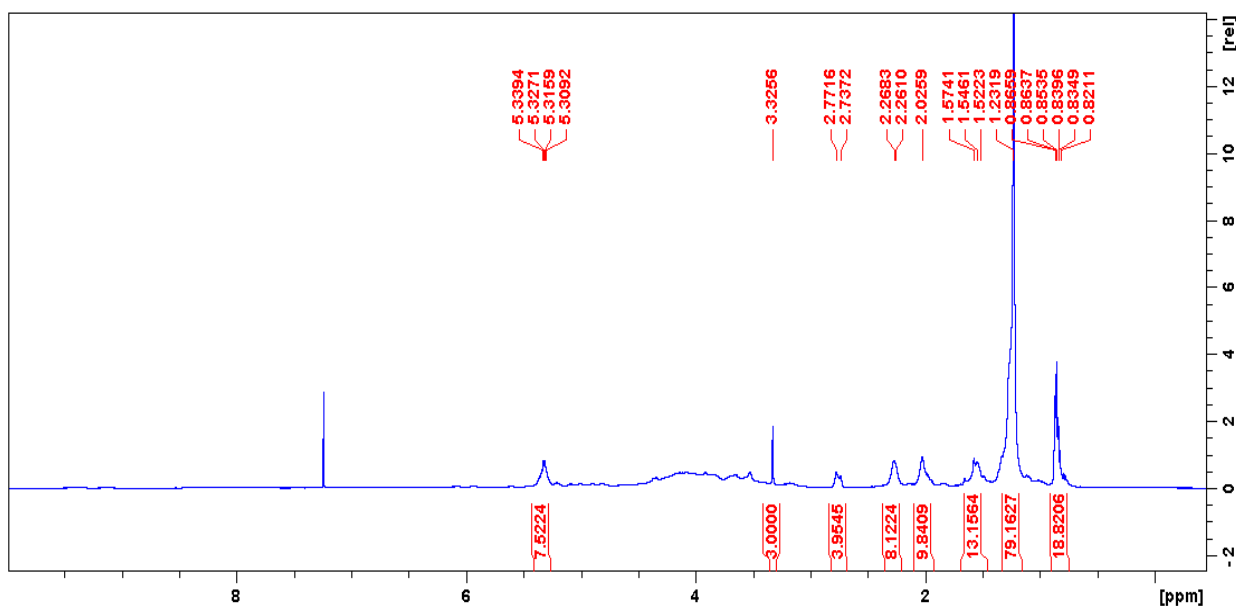
Fonte: Autores, 2024.

Figura 6 – Espectro de RMN de ^{13}C -APT de Sp-1.



Fonte: Autores, 2024.

Figura 7 – Espectro de RMN de ^1H de Sp-1.



Fonte: Autores, 2024.

Discussão

A partir do que foi observado nos espectros da *S. platensis*, o composto majoritário γ -linolenato de metila, éster metílico do GLA, que por sua vez é um ácido graxo poli-insaturado de cadeia longa (PUFA) bioativo, envolvido em diversas funções fisiológicas, tais como, expressão gênica de funções imunes, melhora do perfil lipídico do sangue, bem como na prevenção de síndromes e doenças inflamatórias (obesidade e artrite reumatoide) (Kawamura *et al.*, 2011; Tso *et al.*, 2012; Tasset-Cuevas *et al.*, 2013).

Além disso, o GLA no organismo é metabolizado em ácido di-homo- γ -linolênico (DGLA) pela ação de uma elongase, posteriormente uma $\Delta 5$ -desaturase o converte em ácido araquidônico (AA). O AA sofre metabolismo oxidativo por ciclo-oxigenases e lipoxigenases para produzir eicosanoides inflamatórios (prostaglandinas e leucotrienos), que são compostos bioativos semelhantes a hormônios envolvidos na regulação de vários mecanismos fisiológicos e patológicos em animais e humanos (Guil-Guerrero, 2007; Meesapyodsuk; Qiu, 2012).

As ciclo-oxigenases 1 e 2 (COX-1 e COX-2), sendo a primeira distribuída em quase todos os tecidos, enquanto a segunda tem sua expressão favorecida por citocinas pró-inflamatórias e fatores de crescimento, metabolizam o AA em prostaglandina G_2 (PGG₂), que por sua vez sofre ação de uma peroxidase formando a prostaglandina H_2 (PGH₂). A PGH₂ sofre ação de sintases histo específicas, dando origem a diferentes outros tipos de prostaglandinas dentre elas prostaglandina $F_{2\alpha}$ (útero), prostaciclina I_2 (endotélio e plaquetas), tromboxano A_2 (plaquetas e músculo liso vascular) (Mitchell *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021).

Além disso, a PGH₂ é metabolizada pela PGE sintase em prostaglandinas E_1 e E_2 , prostanoides relaxantes da musculatura lisa cavernosa, que ao atuarem em seus respectivos receptores EP₂ e EP₄, ativam a via da ciclase de adenilil, aumentando cAMP, com consequente relaxamento e ereção peniana. Atualmente existe na terapêutica um análogo da prostaglandina E_1 , o alprostadil, utilizado via intracavernosa. No entanto, a administração do alprostadil por esta via é invasiva e pode trazer efeitos colaterais como inchaço e erupções no pênis, bem como dores de cabeça e tontura (Ashish; Omar, 2022).

Dessa forma, o ácido γ -linolênico por ser um precursor da PGE₁, prostanoide relaxante da musculatura lisa cavernosa, torna-se uma substância promissora no tratamento da disfunção erétil, mas faz-se necessário mais estudos, incluindo *in vivo* e *in vitro*, para comprovar tal ação terapêutica.

Conclusões

Portanto, com o estudo de caracterização química do extrato clorofórmico do pó de *S. platensis*, através da análise de seus espectros de RMN de ¹H e ¹³C em comparação com os dados da literatura, foi possível identificar um éster metílico do ácido γ -linolênico, como componente majoritário que pode vir a ser um dos constituintes químicos responsáveis pela melhora da disfunção erétil causada pela obesidade em ratos tratados com o pó da *S. platensis*.

Referências

Araújo, L. C. C. *et al.* *Spirulina Platensis* Supplementation Coupled to Strength Exercise Improves Redox Balance and Reduces Intestinal Contractile Reactivity in Rat Ileum. *Marine Drugs*, v. 18 (2), p. 89. (2020).

Abdo, C. H. N; Afif-Abdo, J. Estudo Populacional do Envelhecimento Brasileiro: Resultados Masculinos. *RBM rev. bras. Med*, v. 64, n. 8, p. 379-383. (2007).

Bisht, B. *et al.* The potential of nuclear magnetic resonance (NMR) in metabolomics and lipidomics of microalgae- a review. *Arch Biochem Biophys*, v. 710, p. 108987. (2021).

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia para comprovação da segurança de alimentos e ingredientes. (2013).

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Suplementos alimentares: documentos de base para discussão regulatória. (2017).

Cai, B. *et al.* Caracterização estrutural e atividade imunoestimulatória e antitumoral *in vitro* de um polissacarídeo ácido da *Spirulina platensis*. *Int. J. Biol. Macromol*, v. 196, p. 46-53. (2022).

Claudino, M. *et al.* Improvement in relaxation response in corpus cavernosum from trained rats. *Urology*, v. 63, p. 1004-1008. (2004).

Côco, H. *et al.* Consequence of hyperhomocysteinaemia on α 1-adrenoceptor-mediated contraction in the rat corpus cavernosum: the role of reactive oxygen species. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v. 68, p. 63-75. (2016).

Debasis, B. *et al.* Erectile Dysfunction: A Review on Prevalence, Perceptions, Diagnosis and Management in India. *The Journal of the Association of Physicians of India*, v. 68, n. 11, p. 57-61, 2020.

Diniz, A. F. A. *et al.* Potential therapeutic role of dietary supplementation with *Spirulina platensis* on the erectile function of obese rats fed a hypercaloric diet. *Reach article*, v. 2020. 2020.

Diniz, A. F. A. *et al.* *Spirulina platensis* consumption prevents obesity and improves the deleterious effects on intestinal reactivity in rats fed a hypercaloric diet. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, v. 2020, 2021.

Diniz, A. F. A. *et al.* *Arthrospira platensis* prevents oxidative stress and suppresses IL-1 β expression in the ileum of rats fed a hypercaloric diet, *Journal of Functional Foods*, v. 106, p. 105586. (2023).

Elfar, O. A. *et al.* Advances in delivery methods of *Arthrospira platensis* (spirulina) for enhanced therapeutic outcomes. *Bioengineered*, v. 13, n. 6, p. 14681-14718. (2022).

El-Desoky, G. E. *et al.* Improvement of mercuric chloride-induced testis injuries and sperm quality deteriorations by *Spirulina platensis* in rats. *Plos One*, v. 8, p. 231-240. (2013).

Estadella, D. *et al.* Effect of palatable hyperlipidic diet on lipid Metabolism of sedentary and exercised rats. *Nutrition*, v. 20, p. 218-224. (2004).

Ferreira, E. S. Suplementação alimentar com *Spirulina platensis* promove efeito antiobesidade e restaura a reatividade contrátil de fêo em ratos Wistar. Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. (2017).

Fermino, S. L. *et al.* Chronic ethanol consumption induces cavernosal smooth muscle dysfunction in rats. *Urology*, v. 74, p. 1250-1256. (2009).

Guil-Guerrero, J. L. Stearidonic acid (18: 4n-3): Metabolism, nutritional importance, medical uses and natural sources. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 109, n. 12, p. 1226-1236. (2007).

Golestani, F. *et al.* Os efeitos da espirulina sob treinamento intervalado de alta intensidade nos níveis de nesfatina-1, omentina-1 e perfis lipídicos em mulheres com sobrepeso e obesas: um estudo randomizado, controlado e simples-cego. *Revista de Pesquisa em Ciências Médicas*. Vol. 26. Ed 1, 2021.

Goldstein, I. *et al.* Epidemiology Update of Erectile Dysfunction in Eight Countries with High Burden. *Sexual medicine reviews*, v. 8,1, p. 48-58. 2020.

Gowda, N. G. A; Raftery, D. NMR-Based Metabolomics. *Advances in experimental medicine and biology*, vol. 1280, p. 19-37. (2021).

Hamzehnejadi, M. *et al.* Prostaglandins as a Topical Therapy for Erectile Dysfunction: A Comprehensive Review. *Sex Med Ver*, v. 10, n. 4, p. 764-781. (2022).

Jain, A.; Iqbal, O. A. Alprostadil. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. (2023).

Jubie, S.; Dhanabal, S. P.; Chaitanya, M. V. Isolation of methyl gamma linolenate from *Spirulina platensis* using flash chromatography and its apoptosis inducing effect. *BMC complementary and alternative medicine*, v. 15, p. 263. (2015).

Kawamura, A. *et al.* Dietary supplementation of gamma-linolenic acid improves skin parameters in subjects with dry skin and mild atopic dermatitis. *Journal of oleo Science*, v. 60, n. 12, p. 597-607. (2011).

Lee, J. *et al.* Spirulina extract enhanced a protective effect in type 1 diabetes by antiapoptosis and anti-ROS production. *Nutrients*, v. 9, n. 12, p. 1363, 2017.

Leitão-Júnior, A. S. Avaliação da ação composto do IWP-051, um estimulador da guanilato ciclase na musculatura lisa cavernosa de humanos. Tese (Doutorado em Ciências Médico-Cirúrgicas) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (2022).

Litwin, M. Kułaga, Z. Obesity, metabolic syndrome, and primary hypertension. *Pediatr Nephrol*, v. 36, n. 4, p. 825-837. (2021).

Mainardes, J.; Muller, E. V.; Martins, C. M. Obesity prevalence and associated factors in Brazilian population. *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 12, n. 2, p. e28312240176. (2023).

Meesapyodsuk, D.; Qiu, X. The front-end desaturase: structure, function, evolution and biotechnological use. *Lipids*, v. 47, p. 227-237. (2012).

Mitchell, J. A. *et al.* Cyclooxygenases and the cardiovascular system. *Pharmacol Ther*, v. 217, p. 107624. (2021).

Ngu, E.L. *et al.* *Spirulina platensis* Suppressed iNOS and Proinflammatory Cytokines in Lipopolysaccharide-Induced BV2 Microglia. *Metabolites*, v. 12, n. 11, p. 1147. (2022).

Pavia, D. L.; Lapman, G. M.; Kriz, G. S. Introduction to spectroscopy: a guide for students of organic chemistry. *Sauders GoldenSunderst Series*, 2. ed. (1996).

Peixoto, E. B. *et al.* Antioxidant SOD mimetic prevents NADPH oxidase-induced oxidative stress and renal damage in the early stage of experimental diabetes and hypertension. *American Journal of Nephrology*, v. 29, p. 309-318. (2009).

Piché, M. E.; Tchernof, A.; Després, J.P. Obesity Phenotypes, Diabetes, and Cardiovascular Diseases. *Circ Res*, v. 126, n. 11, p. 1477-1500. (2020).

Raheem, O. A. *et al.* Novel Treatments of Erectile Dysfunction: Review of the Current Literature. *Sexual medicine reviews*, vol. 9,1, p. 123-132. 2021.

Rodrigues, R. O. *et al.* O Uso De Citrato De Sildenafil Como Estimulante Sexual E Os Efeitos Adversos / The Use Of Sildenafil Citrate As A Sexual Stimulator And The Adverse Effects. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 41841-41852. (2021).

Rodrigues, C. S. *et al.* Análise do perfil metabólico de *Pterodon emarginatus* potenciais bioativos. 1º Mostra de inovação e tecnologia de São Lucas, Centro Universitário São Lucas, p. 1-2, 10 ago. (2020).

Santos, L. G. *et al.* Efeitos da suplementação de spirulina (*arthrospira SP.*) Sobre a pressão arterial de indivíduos adultos e idosos: uma revisão sistemática. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 4, p. 17349-17363, 2020.

Santos, C. C. T.; Lago, T. M.; Peixoto, J. de A. As contribuições da fisioterapia em disfunções sexuais masculinas: revisão de literatura. *Revista Coleta Científica, Brasil, Brasília*, v. 6, n. 11, p. 09–18, (2022).

Sibiya, T. *et al.* *Spirulina platensis* Ameliorates Oxidative Stress Associated with Antiretroviral Drugs in HepG2 Cells. *Plants (Basel)*, v. 11, n. 22, p. 3143. (2022).

Souza, I. L. L. Suplementação alimentar com *Spirulina platensis* previne o desenvolvimento da disfunção erétil em ratos Wistar alimentados com dieta hipercalórica. Tese de Doutorado (Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. (2018).

Souza, I. L. L. *et al.* Hypercaloric diet establishes erectile dysfunction in rat: mechanisms underlying the endothelial damage. *Frontiers in Physiology*, v. 8, p.1-15. (2017).

Souza, I. L. L. *et al.* Supplementation with *Spirulina platensis* Prevents Damage to Rat Erections in a Model of Erectile Dysfunction Promoted by Hypercaloric Diet-Induced Obesity. *Marine Drugs*, v. 20, n. 8, p. 467, 2022.

Tasset-Cuevas, I. *et al.* Protective effect of borage seed oil and gamma linolenic acid on DNA: *in vivo* and *in vitro* studies. *PLoS One*, v. 8, n. 2, p. e56986. (2013).

Tso, P. *et al.* Comparison of growth, serum biochemistries and n-6 fatty acid metabolism in rats fed diets supplemented with high-gamma-linolenic acid safflower oil or borage oil for 90 days. *Food and Chemical Toxicology*, v. 50, n. 6, p. 1911- 1919. (2012).

Uppin, V.; Dharmesh, S. M. Polysaccharide from *Spirulina platensis* Evokes Antitumor Activity in Gastric Cancer Cells *via* Modulation of Galectin-3 and Exhibited Cyto/DNA Protection: Structure-Function Study. *J Agric Food Chem*, v. 70, n. 23, p. 7058-7069. (2022).

Valladales-Restrepo, L. F.; Machado-Alba, J. E. Pharmacological treatment and inappropriate prescriptions for patients with erectile dysfunction. *International Journal of Clinical Pharmacy*, v. 43, n. 4, p. 900-908, 2021.

Wang, B. *et al.* Metabolism pathways of arachidonic acids: mechanisms and potential therapeutic targets. *Signal Transduct Target Ther*, v. 6, n. 1, p. 94. (2021).

Wishart, D. S. *et al.* NP-MRD: the Natural Products Magnetic Resonance Database. *Nucleic acids research*, vol. 50, p. 665-677. (2022).

AVALIAÇÃO DE BIOMARCADORES EM LINFÓCITOS T CD8 (CITOTÓXICOS) FRENTE À VACINAÇÃO PELA COVID-19

Fernando César Comberlang Queiroz Davis dos Santos ¹

Tatjana Keesen de Souza Lima Clemente ²

Resumo

O surgimento do novo coronavírus, instaurou uma urgência global de saúde pública. Isso levou à elaboração de estratégias para entender a presença de antígenos imunodominantes e sua correlação com o desenvolvimento da infecção. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo analisar as respostas imunes aos antígenos peptídicos SARS-CoV-2 em indivíduos vacinados, com foco na correlação de biomarcadores em células T CD8⁺. Células mononucleares de sangue periférico (PBMCs) foram incubadas em quatro condições diferentes (n=16): não estimuladas (meio), estimuladas com peptídeos derivados de glicoproteína Spike (PS), com ORF1ab e peptídeos derivados de nucleocapsídeo (PO) e com enterotoxina estafilocócica B (SEB). A estimulação com PO e PS levou a um aumento da expressão de marcadores específicos como CD69, CD107a, IL-10, IL-17, TNF- α , IFN- γ e perforina. Esses dados destacam como as respostas imunes celulares a alguns desses peptídeos podem contribuir para a proteção contra o SARS-CoV-2 por meio da imunização contra o COVID-19.

Palavras-Chaves: SARS-CoV-2. Antígenos. CD8⁺. Biomarcadores.

¹ fcezar14@gmail.com;

² tat.keesen@cbiotec.ufpb.br, Análise de respostas das células imunes desencadeadas por antígenos peptídicos em pacientes vacinados contra a COVID-19/ Avaliação de biomarcadores em linfócitos T CD8 (citotóxicos) frente à vacinação pela COVID-19, (83)99822-9995, atendimento@cnpq.br.

Introdução

Os coronavírus (CoV) pertencem a uma grande família de vírus respiratórios, que podem causar doenças que variam do resfriado comum à Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS) e à Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), ambas zoonóticas. O novo coronavírus, oficialmente designado como Síndrome Respiratória Aguda Grave Coronavírus 2 (SARS-CoV-2), é membro da linhagem Betacoronavírus, que foi primeiramente identificado em Wuhan na China pelo Centro Chinês de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) (Zhu et.al., 2020), acometendo essencialmente o trato respiratório, conferindo sintomas como dispneia, tosse seca e em casos mais graves, dificuldades respiratórias (Bourgonje et.al., 2020).

Devido a sua grande disseminação, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a pandemia em 11 de março de 2020 como uma emergência de saúde pública de interesse internacional. Até o dia 3 de outubro de 2023, aproximadamente 675 milhões de casos confirmados de COVID-19 e 6,8 milhões mortes foram reportadas em 192 países e territórios. No Brasil, neste mesmo período, foram confirmados cerca de 37 milhões de casos e aproximadamente 700 mil mortes (JHU, 2022).

O SARS-CoV-2 compartilha a mesma enzima angiotensina de conversão-2 do receptor celular (ACE2) que o SARS-CoV, sugerindo tropismo e via de entrada no hospedeiro semelhantes (Yan et.al., 2020). Estruturalmente, o vírus da COVID-19 é revestido por um envelope apresentando um material genético de RNA de fita simples que codifica para uma série de proteínas (Yao et.al., 2020; Peng et.al., 2021). Dentre estas, estão as proteínas estruturais do Envelope (E), Nucleocapsídeo (N), Membrana (M) e Spike (S) as não estruturais ORF1a e ORF1b e as acessórias ORF3a, ORF6, ORF7a, ORF7b, ORF8 e ORF9 (Yao et.al., 2020).

Desde o surgimento do SARS-CoV-2, múltiplas variantes surgiram (Rambaut, et.al., 2020), a partir disso o Centro Nacional de Bioinformática da China realizou o alinhamento de 77.801 sequências genômicas do SARS-CoV-2 detectadas mundialmente e foram identificadas cerca de 15.018 mutações (Zhao, W., et.al., 2020). A mutação D614G foi uma das primeiras a serem detectadas desde março de 2020, alteração ocorrida na subunidade S1. Devido à alta frequência dessa, houve uma grande disseminação de variantes G614 em detrimento da variante original, D614. Nesta mutação foi observada um aumento da avidéz de ligação do vírus às células do trato respiratório (Korber, B., et.al., 2020).

É visto que a alteração funcional das células T CD4⁺ e T CD8⁺ juntamente com o quadro de linfopenia, dessas mesmas células e de subconjuntos de células B, presente nos pacientes, pode estar associada ao agravamento da doença (Chen; Wherry, 2020; Zheng et.al., 2020). Em

um estudo realizado na China com pacientes infectados pelo SARS-CoV-2, foi observado que a maioria das células inflamatórias presentes no tecido pulmonar é composta por células T CD8⁺. Essas células desempenham um papel fundamental na eliminação do vírus e também estão envolvidas em danos causados pela resposta imunológica (Zhao et.al., 2020). Além disso, após infecção por vírus respiratórios, as células T CD8⁺ específicas para o vírus humano se tornam ativas e adquirem funções efetoras (Zhao et.al., 2020).

Diante do contexto exposto, o presente projeto de pesquisa objetivou identificar, analisar e validar o perfil celular dos linfócitos T CD8⁺ por meio de biomarcadores no momento pós-vacinal da COVID-19, em busca de uma melhor compreensão do estabelecimento e manutenção de respostas protetivas frente à doença.

Fundamentação teórica

Diversas variantes notáveis do SARS-CoV-2 surgiram desde o início da pandemia de COVID-19, incluindo a B.1.1.7 (também conhecida como VOC-202012/01), a B.1.351 (501Y.V2) e a P.1 (VOC202101/02), que foram inicialmente identificadas no Reino Unido, África do Sul e Brasil, respectivamente (Lauring, A. et.al., 2021). Essas variantes geralmente aumentam a capacidade de transmissão e, como resultado, rapidamente substituem as linhagens previamente dominantes. Algumas dessas variantes compartilham mutações críticas na proteína S, especificamente na região de ligação ao receptor (RBD). Por exemplo, a mutação N501Y está presente na B.1.1.7, B.1.351 e P.1, enquanto a mutação E484K está presente na B.1.351 e P.1, além das mutações N501Y e D614G.

Uma das primeiras mutações significativas identificadas do SARSCoV-2 foram as remoções na junção da proteína S1/S2. Essas remoções foram prontamente observadas durante o cultivo do vírus em células Vero E6 (Lau, S., et.al., 2020). Variantes com deleção na junção S1/S2 demonstraram ser menos virulentas em um modelo de hamster (Lau, S., et.al., 2020). Além disso, variantes com deleção na junção S1/S2 ocorrem naturalmente em amostras de pacientes antes de qualquer cultivo em células (Wong, Y., et.al., 2021).

A mutação D614G não foi inicialmente identificada no surto inicial na China, mas agora é encontrada em praticamente todas as variantes do vírus em todo o mundo. Vários estudos têm avaliado o impacto da mutação D614G no SARS-CoV-2. No geral, esses estudos indicam que a variante D614G tem uma maior capacidade de replicação *in vitro* e *in vivo* e é transmitida de forma mais eficaz. No entanto, ela não parece afetar a gravidade da doença nem causa uma mudança significativa na capacidade de neutralização pelos soros de pacientes recuperados (Li, Q., et.al, 2020; Hou, Y., et.al., 2020; Volz, E., et.al., 2020; Plante, J., et.al., 2021). Do ponto de

vista mecanicista, a mutação D614 afeta a conformação da proteína S, permitindo uma ligação mais eficaz ao receptor humano ACE2 (Yurkovetskiy, L., et.al., 2020).

A variante B.1.1.7 foi inicialmente identificada em setembro de 2020 e se disseminou rapidamente pelo sudeste da Inglaterra até dezembro, tornando-se a variante predominante no Reino Unido. Esta variante é caracterizada por uma maior capacidade de transmissão e agora está presente em todo o mundo (Davies, N., et.al., 2020). Ela apresenta 17 mutações, incluindo uma mutação não sinônima na proteína S, conhecida como N501Y, localizada na região de ligação ao receptor (RBD), e a mutação P681H, que se encontra no sítio de clivagem da furina. No entanto, não foi observada nenhuma alteração na capacidade de neutralização pelos soros de indivíduos vacinados com a vacina de mRNA BNT162b2 em relação a pseudovírus que carregam a cepa de referência de Wuhan e a variante B.1.1.7 (Muik, A., et.al., 2020).

A variante P.1 possui 17 mutações únicas, incluindo as mutações RBD E484K e N501Y. Esta variante é uma descendente da linhagem B.1.1.28.1 e agora é conhecida como a linhagem P.1, que está principalmente presente no Brasil, mas também foi relatada no Japão, Coreia e Ilhas Faroé (Assessment, Rapid Risk, 2021).

Uma preocupação fundamental em relação às variantes virais é se elas aumentam o risco de reinfeção ou falhas na eficácia das vacinas. No primeiro caso de reinfeção relatado em agosto de 2020, o segundo episódio foi causado por uma variante D614G (To, K., et.al., 2020). Em um caso de reinfeção relatado no Brasil, o segundo episódio foi causado pela variante E484K (Vasques, C., et.al., 2020). Foi demonstrado que o vírus que carrega a mutação E484K é menos suscetível à neutralização pelos soros de indivíduos vacinados com vacinas de mRNA, a exemplo das vacinas Pfizer® e Moderna®, acarretando em um maior risco de infecção por esta variante (Jangra, S., et.al., 2021).

Respostas de células T CD8⁺ específicas para o SARSCoV-2 foram identificadas em aproximadamente 70% dos indivíduos que se recuperaram da COVID-19 (Griffoni, A., et. al., 2020). Essas respostas são direcionadas para uma variedade de antígenos do SARS-CoV-2, incluindo proteínas como a spike, nucleocapsídeo e membranosas, além de outras proteínas não estruturais (Griffoni, A., et.al., 2020; Bert, N., et.al., 2020; Peng, Y., et.al., 2020). Estudos sugerem que as células T CD8⁺ desempenham um papel crítico na proteção contra o desenvolvimento da COVID-19 grave. As respostas de células T CD8⁺ específicas para o SARS-CoV-2 estão correlacionadas com a gravidade reduzida da doença durante a fase aguda (Moderbacher, C., et.al., 2020). Mesmo na ausência de anticorpos específicos para o SARS-CoV-2, respostas de células T de memória têm sido detectadas em indivíduos convalescentes da COVID-19 (Schwarzkopf, S., et.al., 2021).

Além disso, as células T CD8⁺ coletadas no lavado broncoalveolar de pacientes com COVID-19 grave/crítica não apresentam clones dominantes, ao contrário do que ocorre no lavado broncoalveolar de pacientes com doença leve (Liao, M., et.al., 2020). Estudos com modelos animais também destacaram a importância das células T CD8⁺ no controle da infecção pelo SARS-CoV-2. A depleção de células CD8⁺ em macacos rhesus convalescentes resultou em uma limitada eliminação do vírus no trato respiratório após reexposição ao SARS-CoV-2, indicando que as células T CD8⁺ de memória são essenciais para a erradicação do vírus (McMahon, K., et.al., 2021). Além disso, a vacinação com antígenos específicos para as células T, principalmente as células T CD8⁺, que não geram anticorpos neutralizantes proporcionou uma proteção parcial contra doenças graves causadas pelo SARS-CoV-2 em camundongos infectados (Zhuang, Z., et.al., 2021).

Há uma crescente quantidade de evidências que aponta que as células T CD8⁺ circulantes em pacientes com COVID-19 grave exibem um perfil ativado, caracterizado pelo aumento na expressão de CD38, HLA-DR e Ki-67 (Sekine, T., et.al., 2020; Song, J., et.al., 2020; Mathew, D., et.al., 2020; Kuri-Cervantes, C., et.al., 2020; Adamo, S., et.al., 2021). Além disso, uma análise recente das células imunes das vias aéreas revelou que as células T CD8⁺ das vias aéreas de pacientes com COVID-19 são predominantemente células de memória residentes em tecidos e que essas células apresentam uma proporção elevada de células ativadas (Szabo, P., et.al., 2021). Em pacientes com COVID-19, principalmente nos casos graves, foi observado um fenótipo de exaustão das células T CD8⁺, caracterizado pelo aumento na expressão de receptores inibitórios, como PD-1, TIM-3, LAG-3, CTLA-4, NKG2A e CD39 (Song, J., et.al., 2020; De Biasi, S., et.al., 2020; Zheng, H., et.al., 2020; Zheng, M., et.al., 2020; Diao, Bo., et.al., 2020; Laing, A., et.al., 2020). Além disso, uma análise de sequenciamento de células únicas (scRNA-seq) das células mononucleares do sangue periférico (PBMCs) revelou que o escore de exaustão no cluster de células CD8⁺ efetoras era significativamente maior em pacientes com COVID-19 grave em comparação com doadores saudáveis e pacientes com doença moderada (Zhang, J., et.al., 2020). Também foi relatado um aumento na expressão de PD-L1 em basófilos e eosinófilos de pacientes com COVID-19 grave (Vitte, J., et.al., 2020). No entanto, alguns estudos não encontraram evidências de exaustão das células T CD8⁺ em pacientes com COVID-19, mesmo em casos graves. Um estudo inicial que realizou uma análise de scRNA-seq das PBMCs constatou que o escore do módulo de exaustão das células T CD8⁺ não apresentava alterações significativas em pacientes com COVID-19, incluindo aqueles com casos graves e síndrome de angústia respiratória aguda, em comparação com doadores saudáveis (Wilk, A., et.al., 2020).

Diversos estudos têm observado que as células T CD8⁺ de pacientes com COVID-19 apresentam uma capacidade reduzida de produzir citocinas quando estimuladas com PMA/ionomicina (Manzoni, A., et.al, 2020; Zheng, M., et.al., 2020). No entanto, um estudo contrapôs essa observação, afirmando que as células T CD8⁺ de pacientes com COVID-19 demonstram funções efetoras mais robustas, como a produção de IL-2 e IL-17A, bem como a expressão do marcador de degranulação CD107a, quando estimuladas com anti-CD3/CD28 em comparação com as células de doadores saudáveis (De biasi, S., et.al., 2020). É importante ressaltar que os estudos avaliaram as funções da população de células T CD8⁺ após estimulação *ex-vivo* com estimulantes pan-T, são estimulantes que ativam ou estimulam a resposta das células T de forma geral e não com antígenos específicos do SARS-CoV-2, portanto, não forneceram informações sobre a especificidade antigênica das células T CD8⁺.

A vacinação tem, inegavelmente, desempenhado um papel fundamental na promoção de uma população global saudável (Terry, F., et.al., 2015). Ela tem salvado vidas em diversas ocasiões, reduzido os custos com cuidados de saúde e melhorado a qualidade de vida da humanidade. Além disso, a vacinação contribui de forma significativa para a redução da carga de doenças, incapacidades e óbitos. No entanto, o surgimento de novas doenças infecciosas e a reemergência de algumas delas, bem como a presença de agentes infecciosos com ciclos de vida complexos e variabilidade antigênica, apresentam desafios adicionais no desenvolvimento de vacinas, juntamente com a necessidade de personalização das mesmas (Poland, G., et.al., 2016; Servín-Blanco, R., et.al., 2016).

Para muitos patógenos (especialmente os emergentes e aqueles com variabilidade antigênica), seus genomas são conhecidos, mas os indicadores imunológicos de proteção ainda não estão claros (Terry, F., et.al., 2015; Tomaras, G., et.al., 2017). Essas são algumas das razões pelas quais o desenvolvimento de vacinas para doenças infecciosas emergentes e patógenos com múltiplos ciclos de vida é uma tarefa complexa.

Descobertas na área da imunologia, juntamente com o conhecimento em ferramentas de bioinformática para previsões de epítomos, têm levado ao desenvolvimento de um novo método de design de vacinas (Urrutia-Baca, V., et.al., 2019; Ali, S., et.al., 2019). Atualmente, a habilidade de extrair e analisar informações de maneira eficiente e completa de dados armazenados em bancos de dados relevantes é cada vez mais crucial na pesquisa em imunologia (Manzoni, C., et.al., 2018). Mesmo enfrentando desafios, como a análise de estrutura e/ou função e a análise de processos imunológicos com relação à especificidade de interação, a aplicação da bioinformática na imunologia é uma realidade.

Apesar de serem caras e intensivas em termos de experimentação, as pesquisas em imunologia geralmente geram enormes quantidades de dados. Esses dados só podem ser analisados com alta precisão e rapidez por meio de ferramentas de bioinformática. Por exemplo, o sequenciamento do genoma e a confirmação *in vitro* de células T agora podem ser realizados em questão de meses, em contraste com os anos necessários para o design tradicional de vacinas (Peng, M., et.al., 2018). Além disso, os métodos computacionais na área de imunologia reduzem consideravelmente o tempo e a mão de obra necessários para a triagem de epítomos (Urrutia-Baca, V., et.al., 2019; Kaliyamurthi, S., et.al., 2018). Com técnicas de imunologia computacional, é possível identificar epítomos candidatos a vacinas simplesmente ao analisar as sequências de proteínas em um patógeno de interesse (Urrutia-Baca, V., et.al., 2019). Muitas dessas proteínas ainda não foram isoladas ou, pelo menos, clonadas, tornando-as prontas para uso na criação de vacinas de forma específica e única para cada patógeno.

Diante do contexto exposto, o presente projeto de pesquisa objetivou identificar, analisar e validar o perfil celular dos linfócitos T CD8⁺ por meio de biomarcadores no momento pós-vacinal da COVID-19, em busca de uma melhor compreensão do estabelecimento e manutenção de respostas protetivas frente à doença.

Objetivos

Objetivo geral

Identificar e validar marcadores de linfócitos T CD8⁺ frente à vacinação, em busca de melhor compreensão do estabelecimento e manutenção de respostas protetivas na COVID-19.

Objetivos específicos

Avaliar a expressão de marcadores imunológicos na subpopulação de linfócitos T CD8⁺ através de marcadores de ativação (CD69, CD137), de produção de citocinas e moléculas relacionadas a morte de células infectadas (IFN- γ , TNF- α , IL-10, IL-17 e perforina) e de receptores de modulação (CD107a) entre os grupos avaliados.

Metodologia

1. Considerações éticas

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética do Hospital Lauro Wanderley da UFPB - CEP/HULW (CAAE:31354720.0.0000.5188). Todos os experimentos foram realizados em conformidade com as regulamentações relevantes, diretrizes institucionais e padrões éticos. O consentimento informado foi obtido de todos os voluntários inscritos.

2. Desenho e preparação do pool de peptídeos SARS-CoV-2

Para o design dos peptídeos, identificamos os alelos HLA classe I/II mais frequentes na população brasileira e mais frequentes no mundo nas ferramentas do IEDB. Em seguida, realizamos previsões de afinidade de ligação MHC-I e II e antigenicidade, e analisamos a dinâmica molecular dos peptídeos em complexos MHC-I e II/proteína do SARS-CoV-2 que melhor se ajustaram. Os peptídeos específicos do vírus SARS-CoV-2 para CD4 e CD8 (Tabela 1) (número da patente: BR 10 2022 005518 1) foram sintetizados (GenOne Biotechnologies, Rio de Janeiro, Brasil), liofilizados e armazenados a -20°C para análises subsequentes. Em seguida, os peptídeos foram ressuspensos em H₂O (MiliQ) e agrupados em grupos (Pool ORF-N continha peptídeos das proteínas ORFs e proteína do nucleocapsídeo, enquanto Pool Spike CoV-2 continha peptídeos apenas da proteína spike). Os epítomos do SARS-CoV-2 foram previstos usando sequências de proteínas derivadas das sequências brasileiras do SARS-CoV-2 depositadas no GenBank e recursos de análise do IEDB. A previsão de epítomos do SARS-CoV-2 para CD4 foi realizada conforme relatado anteriormente, utilizando o algoritmo NetMHCIIpan 4.0 e previsão de imunogenicidade CD4 (IEDB), HLA-DRB*1:03:01, HLA-DRB*1:07:01, HLA-DRB*1:15:01, HLA-DRB*3:01:01, HLA-DRB*3:02:02, HLA-DR*4:01:01 e HLA-DRB*5:01:01. A previsão de epítomos do SARS-CoV-2 para CD8 foi realizada conforme relatado anteriormente, utilizando o algoritmo NetMHCpan 4.0 (HLA-A* 01: 01; HLA-A* 02:01; HLA-A* 11: 01; HLA-A* 24: 02; HLA-A* 68: 01; HLA-A* 23: 01; HLA-A* 26:01; HLA-A* 30: 02; HLA-A* 31: 01; HLA-B* 07: 02; HLA-B* 51: 01; HLA-B* 35:01; HLA-B* 44: 02; HLA-B* 35: 03; HLA-C* 05: 01; HLA-C* 07: 01; HLA-C* 15:02).

Tabela 1. Lista de peptídeos escolhidos neste estudo por meio de estudos de previsão e pool de peptídeos Spike

	Nome	Peptídeo	Posição a.a.	Fonte
Pool Spike CoV-2 (PS)	SPIKE_NTD	NIDGYFKIYSKHTPINLV	196-210	CORMAN et. al., 2020
	SPIKE_RBD	ATRFASVYAWNKRRI	344-358	CORMAN et. al., 2020
	SPIKE_S2	ALQIPFAMQMAYRFN	893-907	CORMAN et. al., 2020
Pool ORF-N (PO)	ORF1a	FLHFLPRVFSAVGNICYTP	2880-2890	CSORDAS et. al., 2022
	ORF1b	FNVLFSTVFPLT	4702-4713	Este estudo
	ORF3a	LYLYALVYFLQSFVRIIM	106-125	CSORDAS et. al., 2022
	N	DDQIGYYRRARRIR	80-95	Este estudo
	N	VTPSGTWLTYTGAIK	324-338	Este estudo

*a.a. = aminoácido

3. Grupos utilizados para a análise das células T CD8⁺

Para estudo de avaliação das células T CD8⁺, 32 indivíduos foram incluídos e agrupados da seguinte forma: indivíduos controles (CTL) (n=8), indivíduos diagnosticados com COVID leve (MILD COVID) (n=8) e indivíduos vacinados contra a COVID-19 (COV-VAC) (n=16).

Os três grupos foram analisados de acordo com o resultado da infecção por SARS-CoV-2. O grupo CTL continha indivíduos com sorologia negativa que não apresentavam sintomas de COVID-19. O grupo MILD COVID foi composto somente por pessoas com diagnóstico laboratorial positivo que apresentaram sintomas leves e que não foram submetidos à internação. O grupo COV-VAC continha indivíduos que tiveram COVID-19 e eram vacinados contra a mesma.

Os critérios de exclusão para todos os grupos foram indivíduos com doenças crônicas, que fazem o uso contínuo de medicamentos, indivíduos com idade inferior a 18 anos ou que se recusaram a participar do estudo. Todos os indivíduos que contribuíram para a realização deste trabalho participaram voluntariamente da pesquisa, sendo esclarecidos sobre a importância do trabalho, e assinaram o termo de consentimento esclarecido. Ademais, os voluntários preencheram um questionário clínico epidemiológico contendo dados gerais somados a informações acerca de sua saúde bem como aspectos clínicos e laboratoriais relacionados ao início da doença.

4. Isolamento de PBMC's

Células mononucleares do sangue periférico (PBMC) de voluntários que se recuperaram de COVID-19 leve e foram vacinados foram obtidas conforme previamente publicado (Csordas, B., et.al., 2022). As PBMC foram submetidas a quatro condições diferentes: não estimuladas (meio), estimuladas com antígenos do SARS-CoV- 2 (Pool Spike Cov-2 e Pool ORF-N, cada um a 1 µg/poço) e estimuladas com SEB (1 µg/poço). As células foram incubadas em um incubador a 37°C sob 5% de CO₂ por 16 horas. Em seguida, brefeldina-A (1 mg/mL, Sigma-Aldrich) foi adicionada e as amostras foram incubadas em um incubador a 37°C sob 5% de CO₂ por 4 horas.

5. Citometria de fluxo

O ensaio de citometria de fluxo foi realizado conforme previamente publicado [8]. Os seguintes anticorpos da BD Biosciences foram utilizados: para marcação extracelular, anti-CD4 (APC-Cy7), anti-CD8 (PE-Cy5), anti-CD137 (APC), anti- CD69 (FITC) e anti-CD107a (PE-Cy7); para marcação intracelular, anti-perforina (Alexa Fluor 647), anti-IFN-γ (PE-Cy7), anti-TNF-α (PE), anti-IL10 (APC) e anti- IL-17 (PE). Todos os anticorpos foram utilizados de acordo com as instruções do fabricante. Pelo menos 30.000 eventos marcados foram adquiridos usando o FACS CANTO II (BD Biosciences) e analisados com o software FlowJo v.10.9 (BD, Ashland - EUA).

6. Análise estatística

Todos os dados são expressos como média ± erro padrão da média (SEM) e foram analisados utilizando o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a análise de variância (ANOVA) de uma via, seguida do teste post-hoc de Tukey. Diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$. O software GraphPad Prism 8.4.3 foi utilizado para realizar as análises estatísticas.

Resultados e discussão

Inicialmente, foi realizado o alinhamento de cerca de 200 sequências entre as variantes de preocupação (VOCs – Variants of Concern): Alpha, Beta, Delta, Gamma e Omicron; das variantes de interesse (VOIs – Variants of Interest): Lambda e Mu; e da variante sob monitoramento (VUMs – Variants under monitoring): GH/490R. Foram contabilizadas cerca de 35 sequências de cada uma VOC e VOI e cerca de 20 sequências da VUM, em que linhagens de todos continentes foram analisados. Foi realizado o sequenciamento múltiplo de todas as

sequências, a fim de obter regiões conservadas entre todas as variantes. A obtenção de regiões conservadas é de extrema importância visto que vacinas que induzem a produção de anticorpos como alvo estas regiões são uma ótima opção no intuito de eliciar uma imunidade mais heterossubtípica (Laidlaw, B.J, 2022). Em sequência o alinhamento pode-se ser visualizado no MEGA11, a qual facilitou a visualização destas regiões (Figura 1). Logo após, foram obtidos somente peptídeos com acima de 10 resíduos aminoacídicos para posterior análise (Tabela 2).

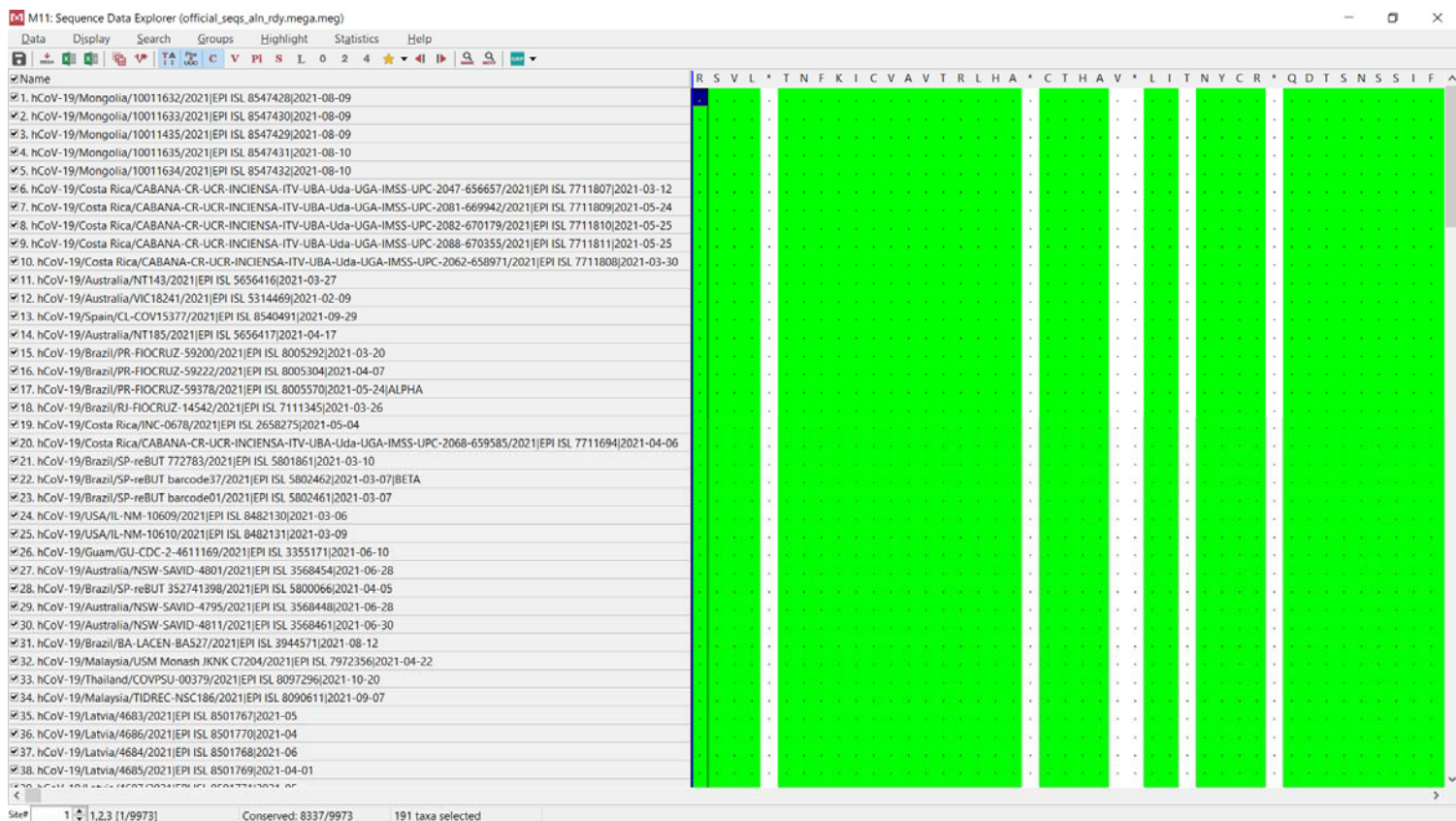


Figura 1: Regiões conservadas (em verde) de todas as proteínas do SARS-CoV-2 entre todas as variantes, no MEGA 11.

Proteínas	Peptídeos Conservados
ORF1ab	110
SPIKE	35
ORF3a	8
ENVELOPE	1
MEMBRANA	7
ORF6a	2
ORF7a	3
ORF7b	2
ORF8	1
NUCLEOCAPSÍDEO	7
ORF10	1

Tabela 2: Quantidade de peptídeos conservados acima de 10 resíduos aminoacídicos obtidos a partir do alinhamento de todas as variantes.

Posteriormente, cada peptídeo referente à proteína em questão foi posto para análise em questão da sua afinidade de ligação tanto em relação ao MHC- I, quanto ao MHC-II, correlacionado às moléculas de reconhecimento de antígeno nas células T CD8⁺ e T CD4⁺, respectivamente. De acordo com a predições dos servidores NetMHC4.0 e NetMHCII2.3 e a análise simultânea de forte ligação ao MHC-I e MHC-II, foram encontrados 5 peptídeos finais de forte ligação para MHC-I e MHC-II (Tabela 3).

Região	Peptídeo	Posição aminoacídica
ORF1a	FLHFLPRVFSAVGNICYTP	2880-2890
ORF1b	FNVLFSTVFPLT	4702-4713
ORF3a	LYLYALVYFLQSINFVRIIM	106-125
N	DDQIGYYRRATRRIR	80-95
N	VTPSGTWLTYTGAIK	324-338

Tabela 3: Peptídeos encontrados de forte ligação simultânea com o MHC-I e MHC-II nas proteínas ORF1ab, SPIKE e ORF7a.

Diferentemente do estudo realizado por Banerjee, S. e colaboradores (2020), o presente projeto objetivou realizar as análises comparativas entre os epítomos das células T CD8⁺ e T CD4⁺ e posterior análise dos epítomos de células B, uma vez que a imunidade celular apresenta maior protagonismo em infecções virais, particularmente frente ao SARS-CoV-2.

Em relação a antigenicidade dos peptídeos foram confirmadas no servidor VaxiJenv2.0, todos apresentaram índices de 0,84; 0,49; 0,35; 0,33 e 0,40; relacionados à ORF1a, ORF1b,



Figura 2: Predição da antigenicidade no VaxiJenv.2.0. Predição referente aos peptídeos FLHFLPRVFSAVGNICYTP, FNVLFSTVFPLT, LYLYALVYFLQSINFVRIIM, DDQIGYYRRATRRIR, VTPSGTWLTYTGAIK.

ORF3a e às proteínas N respectivamente (Figuras 2 e 3). Estes índices assemelharam-se aos peptídeos encontrados na pesquisa feita por Safavi, A. e colaboradores. Em relação à alergenicidade, os peptídeos apresentaram-se como “provável não alérgeno” no AllergenFPv.1.0 com índices de 0,62; 0,68; 0,70; 0,61 e 0,58 (Figura 3).

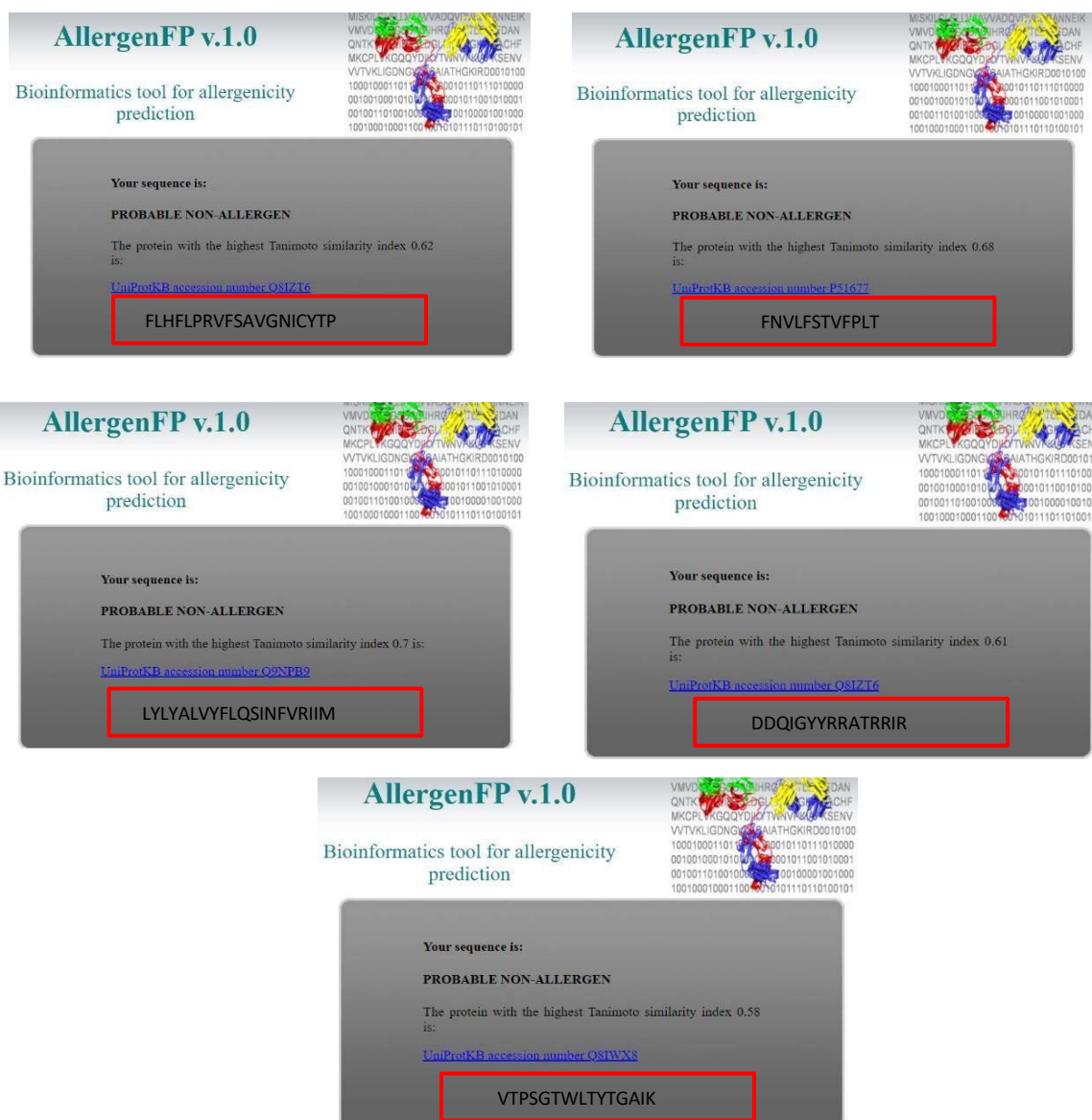


Figura 3: Predição da alergenicidade no AllergenFPv.1.0. Predição referente aos peptídeos relacionados às proteínas ORF1a, ORF1b, ORF3a, N e N.

ANÁLISE DE BIOMARCADORES EM CÉLULAS T CD8⁺

Um estudo foi realizado para analisar aspectos clínicos e imunológicos em indivíduos que se recuperaram de uma infecção leve pelo SARS-CoV-2 e que também foram vacinados contra a COVID-19. O estudo envolveu um grupo de voluntários (n=16), em que 68,75% foram mulheres e 31,25% foram homens. Neste grupo, 43,75% identificaram-se como pardos e

56,25% como brancos. A média de idade entre os participantes foi de de 24,25 anos ($\pm 5,30$). A maioria dos voluntários que tiveram COVID-19 e foram vacinados relataram febre, coriza, tosse seca e obstrução nasal. Os detalhes clínicos e demográficos estão mostrados na Tabela 4.

#ID	Sexo	Idade	Etnia	Sintomas
VAC-COV 1	F	20	Pardo	Febre, Coriza, Tosse seca e Obstrução nasal
VAC-COV 2	F	55	Branco	Assintomático
VAC-COV 3	M	19	Branco	Febre, Tosse com catarro, Cansaço e Obstrução nasal
VAC-COV 4	F	21	Pardo	Febre; Coriza; Tosse com sangue; Dificuldade ao respirar; Fadiga
VAC-COV 5	F	23	Branco	Assintomática
VAC-COV 6	F	21	Parda	Assintomática
VAC-COV 7	M	20	Branco	Assintomático
VAC-COV 8	F	19	Pardo	Febre; Coriza; Dor de cabeça, Tosse seca, Tosse com sangue; Dificuldade ao respirar; Fadiga, Tosse com catarro espesso, Obstrução nasal, taquipnéia, Artralgia, Mialgia, Náusea, Vômito, Diarréia, Calafrios, Inchaço ocular.
VAC-COV 9	M	23	Pardo	Febre; Dor de cabeça; Mialgia; Diarréia .
VAC-COV 10	F	22	Branco	Febre; Dor de cabeça; Tosse seca; Dificuldade para respirar; Calafrios; Fadiga
VAC-COV 11	F	29	Branco	Assintomática
VAC-COV 12	M	24	Branco	Assintomático
VAC-COV 13	F	22	Branco	Febre; Dor de cabeça; Dor de garganta; Dificuldade ao respirar; Calafrios; Fadiga
VAC-COV 14	M	34	Pardo	Assintomático
VAC-COV 15	F	29	Branco	Assintomático
VAC-COV 16	F	20	Pardo	Febre; Dor de cabeça; Dificuldade ao respirar; Dor de garganta, Tosse seca; Mialgia; Fadiga; Coriza
MÉDIA	11F:5M	25,43 ($\pm 9,32$)		

Tabela 4: Autoria Própria, 2023. **F=Feminino; M=Masculino

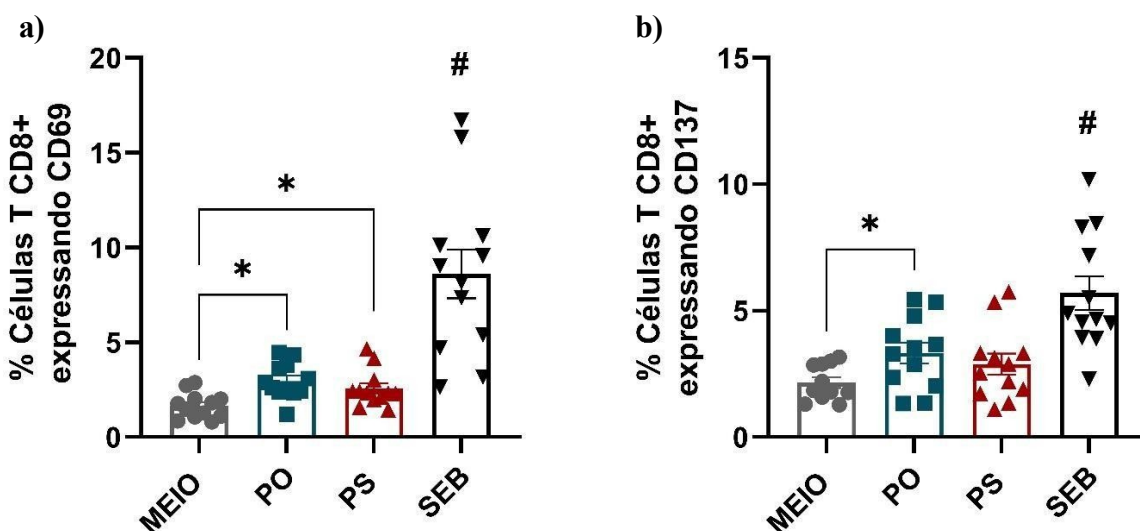
Sobre os marcadores de ativação das células T CD8⁺, observou-se que as células T CD8⁺CD137⁺ apresentaram uma resposta de estimulação quando expostas ao peptídeo PO (3,33 \pm 0,40), mas não quando expostas ao peptídeo PS (2,88 \pm 0,42), em comparação com o grupo não estimulado (2,15 \pm 0,21) (Figura 4b). Além disso, as células T CD8⁺CD69⁺ demonstraram uma resposta tanto ao peptídeo PO (2,96 \pm 0,19) quanto ao peptídeo PS (2,56 \pm 0,27), em comparação com o grupo não estimulado (1,65 \pm 0,19) (Figura 4a).

Em relação à citotoxicidade das células T CD8⁺, as células T CD8⁺CD107a⁺ expressaram frequências mais altas quando estimuladas com peptídeo PO (2,86 \pm 0,38) e o peptídeo PS (2,75 \pm 0,38) em comparação com o grupo não estimulado (1,77 \pm 0,25) (Figura 4c). Da mesma forma, as células T CD8⁺perforina⁺ exibiram frequências mais altas quando estimuladas com peptídeo PO (7,59 \pm 1,0) e peptídeo PS (9,0 \pm 1,14) em comparação com o

grupo não estimulado ($3,26 \pm 0,48$) (Figura 4d).

Células T CD8⁺ demonstraram expressão aumentada de IFN- γ quando expostas tanto ao peptídeo PO ($8,19 \pm 1,14$) quanto ao peptídeo PS ($7,88 \pm 0,90$), em comparação com o grupo não estimulado ($3,96 \pm 0,59$) (Figura 4g). Da mesma forma, as células T CD8⁺TNF- α ⁺ exibiram uma resposta de estimulação a ambos os peptídeos (PO = $8,10 \pm 1,08$, PS = $8,61 \pm 0,81$) quando comparadas ao grupo não estimulado ($3,69 \pm 0,40$) (Figura 4h). A frequência de expressão de IL-17 foi significativamente aumentada em células T CD8⁺ quando expostas tanto ao peptídeo PO ($6,64 \pm 0,64$) quanto ao peptídeo PS ($6,92 \pm 0,88$), em comparação ao grupo não estimulado ($3,33 \pm 0,46$) (Figura 4e). Além disso, as células T CD8⁺ exibiram expressão aumentada de IL-10 com peptídeo PO ($7,45 \pm 1,04$) e peptídeo PS ($7,35 \pm 0,89$), em comparação com o grupo não estimulado ($2,17 \pm 0,19$) (Figura 4f).

É importante ressaltar que o SEB, o qual utilizado como controle positivo, levou a uma elevação na frequência de todos os marcadores nas células T CD8⁺, ou seja, CD137 ($5,70 \pm 0,67$), CD69 ($8,60 \pm 1,28$), CD107a ($6,61 \pm 0,53$), perforina ($18,71 \pm 2,71$), IFN- γ ($23,11 \pm 3,22$), TNF- α ($25,63 \pm 3,77$), IL-17 ($21,33 \pm 2,23$) e IL-10 ($22,70 \pm 2,64$) quando comparado ao grupo não estimulado (Figura 4a-h).



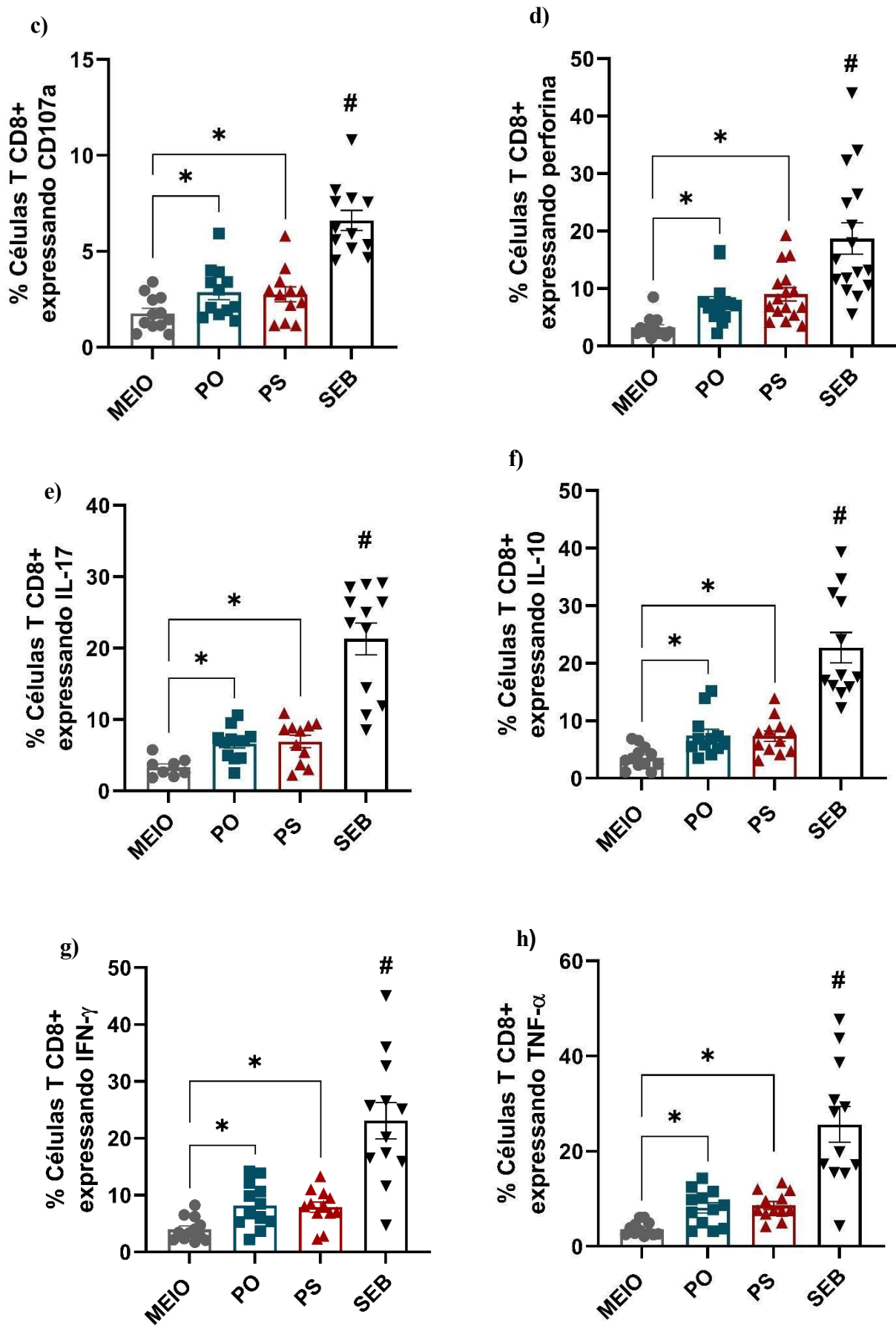


Figura 4: Efeito dos antígenos SARS-CoV-2 (Pool Spike Cov-2 e Pool ORF-N) em células T humanas (I) Frequência de marcadores de ativação (ou seja, CD69 e CD137), marcadores citotóxicos (ou seja, CD107a e perforina) e citocinas (ou seja, IFN- γ , TNF- α , IL-17 e IL-10) em células T CD8+ humanas (a-h) (n = 8- 16). PBMC não estimulado (médio) e estimulado por SEB foram usados como controle negativo e positivo, respectivamente. Os gráficos são expressos como média \pm erro padrão da média (SEM) para cada grupo. *p < 0,05. PS = Pool Spike Cov-2; PO = Conjunto ORF-N; SEB = enterotoxina estafilocócica B.

Para visualizar os efeitos dos antígenos imunodominantes nas células T CD8⁺, alguns biomarcadores foram analisados, como marcadores de ativação (CD69 e CD137), de citotoxicidade (CD107a e perforina), além de outras citocinas (IL-10, IL-17, IFN- γ , TNF- α). Diante disso, foi observado um aumento da frequência das células T CD8⁺CD137⁺ apenas com o estímulo PO e não PS, enquanto a frequência das células T CD8⁺CD69⁺ aumentou com ambos os estímulos. Estes resultados indicam que as células T de indivíduos vacinados têm a capacidade de reconhecer diferentes peptídeos do SARS-CoV-2 e desencadear uma resposta imune, o que também foi observado em estudos anteriores, onde a expansão de células T CD137⁺CD69⁺ foi maior após reinfecção recente (Gatti, A., et.al., 2023; Painter, M., et.al., 2021). Os resultados anteriores indicam que os perfis ativados são caracterizados por marcadores citotóxicos, como perforina e CD107a, nas células T CD8⁺. Foi visualizado o aumento da frequência destes marcadores citotóxicos nas células T CD8⁺ frente a ambos os estímulos (PO e PS). Em infecções virais, a atividade citotóxica desempenha um papel fundamental na eliminação de células infectadas e na redução da carga viral. Essa atividade é principalmente mediada pelas células T CD8⁺ e células NK, que liberam vesículas CD107a⁺ contendo grânulos citotóxicos, como granzima e perforina, levando à apoptose por meio de caspases. Assim como em outras infecções virais, a resposta citotóxica das células T desempenha um papel importante no controle da replicação viral e está associada a uma forma menos grave da doença COVID-19 (Peng, Y., et.al., 2020). Os resultados obtidos acerca destes marcadores corroboram com um estudo realizado por Jeewandara, C. e colaboradores (2022), onde foi observado que a expressão de CD107a foi aumentada em pacientes vacinados com Sinopharm/BBIBP-CorV, vacina que apresenta a proteína do nucleocapsídeo como antígeno, ratificando o potencial das células T de responderem a outras proteínas e não somente à spike.

Ademais, os níveis de IFN- γ foram elevados nas células T CD8⁺ após estímulo com ambas as condições, sugerindo que indivíduos vacinados podem efetivamente manejar infecções virais a partir das respostas imunes do tipo 1, orquestrando uma resposta antiviral protetora e duradoura (Bertoletti, A., et.al., 2021; Kedzierska, K., et.al., 2022). O IFN- γ é uma citocina inflamatória que desencadeia uma série de efeitos biológicos diversos que contribuem para combater infecções virais. Ele estimula a ativação dos macrófagos de forma clássica, melhora a apresentação de antígenos, coordena a ativação do sistema imunológico inato, facilita a interação entre linfócitos e células endoteliais, e regula a proliferação celular e o processo de apoptose (Billiau, A., et.al., 2009). O TNF- α é um mediador importante da resposta inflamatória, atua estimulando a produção de outras moléculas pró-inflamatórias, como interleucinas e quimiocinas, que recrutam células do sistema imunológico para o local da

inflamação (Abbas, A.; Lichtman, A.; Pillai, S., 2019). Os resultados obtidos acerca deste marcador foram semelhantes ao IFN- γ , onde houve aumento da frequência de células T CD8⁺ TNF- α ⁺ frente a ambas condições, sugerindo que não somente a proteína spike, como também proteínas não estruturais e acessórias podem elicitar a resposta imunológica protetiva. É observado que a estimulação *in vitro* de PBMCs com peptídeos sobrepostos do SARS-CoV-2 também levou à expansão clonal de células T CD8⁺ e CD4⁺ específicas do SARS-CoV-2 em pacientes com COVID-19 e à produção de IFN- γ /TNF- α , embora os conjuntos de células CD4⁺ fossem geralmente numericamente mais proeminentes (Habel, J., et.al., 2020).

A IL-17, uma citocina pró-inflamatória comumente associada a doenças autoimunes e à gravidade da COVID-19 quando expressa em níveis mais elevados, geralmente está relacionada às células Th17⁺ (Gu, C., et.al., 2013). Neste estudo, observou-se um aumento significativo da frequência de IL-17 em células T CD8⁺ em resposta a ambos os peptídeos. Embora as células Th17 CD4⁺ sejam normalmente consideradas a principal fonte de IL-17, foi demonstrado que as células T CD8⁺ também podem produzir essa citocina, conhecidas como Tc17. Essas células Tc17 têm a capacidade de combater infecções virais e reduzir as doenças relacionadas a essas infecções por meio de vários mecanismos, como o fortalecimento das respostas Th1, promoção da atividade das células T citotóxicas, regulação das atividades das células B antivirais e indução de respostas inflamatórias protetoras (Ma, W., et.al., 2019). Isso sugere um possível papel protetor da IL-17 devido à imunização.

Em relação à expressão de IL-10, os estímulos PO e PS aumentaram a frequência das células T CD8⁺ referente à citocina em questão. Essa resposta aponta para uma reação regulatória desencadeada pelo reconhecimento do vírus. A IL-10 é uma citocina regulatória que desempenha um papel crucial na manutenção do equilíbrio na resposta imunológica. Em casos graves de COVID-19, a relação entre o IL-10 e o IL-6 tem sido estudada como um possível indicador prognóstico (Udomsinprasert, W., et.al., 2020). Notou-se que pacientes com níveis elevados de IL-10, apesar de sua função anti-inflamatória, tiveram resultados clínicos piores (Han, H., et.al., 2020). O aumento temporário nos níveis de IL-10 pode indicar uma resposta compensatória anti-inflamatória ou regulatória na presença de citocinas pró- inflamatórias elevadas. Por outro lado, um aumento persistente no IL-10 está provavelmente associado a um prognóstico desfavorável (Azaiz, M., et.al., 2022). Isso ressalta a dualidade do IL-10, pois ele desempenha o papel de citocina anti-inflamatória e pode servir como um possível indicador de gravidade da doença.

Conclusão

As vacinas por muito tempo têm demonstrado grande notoriedade acerca da prevenção e controle de surtos virais devastadores, como a exemplo da pandemia do SARS-CoV-2, a qual houve diminuição da mortalidade ocasionada pela infecção, devido sua grande efetividade e forma menos custosa. A eficácia da vacina está diretamente correlacionada à escolha do antígeno e a partir disso possibilitará a indução de uma resposta tanto celular, quanto humoral. Este estudo trouxe evidências que sugerem que, após a vacinação contra a COVID-19, vários componentes do SARS-CoV-2, além da proteína spike, como ORF e N, têm a capacidade de desencadear respostas antivirais eficazes durante infecções subsequentes. Esse processo intrincado dá início a uma interação dinâmica de marcadores celulares das células T, resultando em uma imunidade antiviral regulada. A expressão de citocinas pró e anti-inflamatórias atuam como um reflexo dessa resposta imune, sublinhando a complexidade e a eficácia da proteção proporcionada pela vacinação. Além do mais, este estudo abre possibilidades para o desenvolvimento de estratégias de vacinação mais abrangentes e eficazes contra o SARS-CoV-2, destacando a importância de peptídeos promíscuos derivados de proteínas conservadas e a resposta imunológica mediada por células como elementos-chave na luta contra a COVID-19. A busca por uma resposta imunológica ampla que seja eficaz contra várias variantes do vírus é crucial para o controle da infecção ocasionada pelo SARS-CoV-2 (Figura 5).

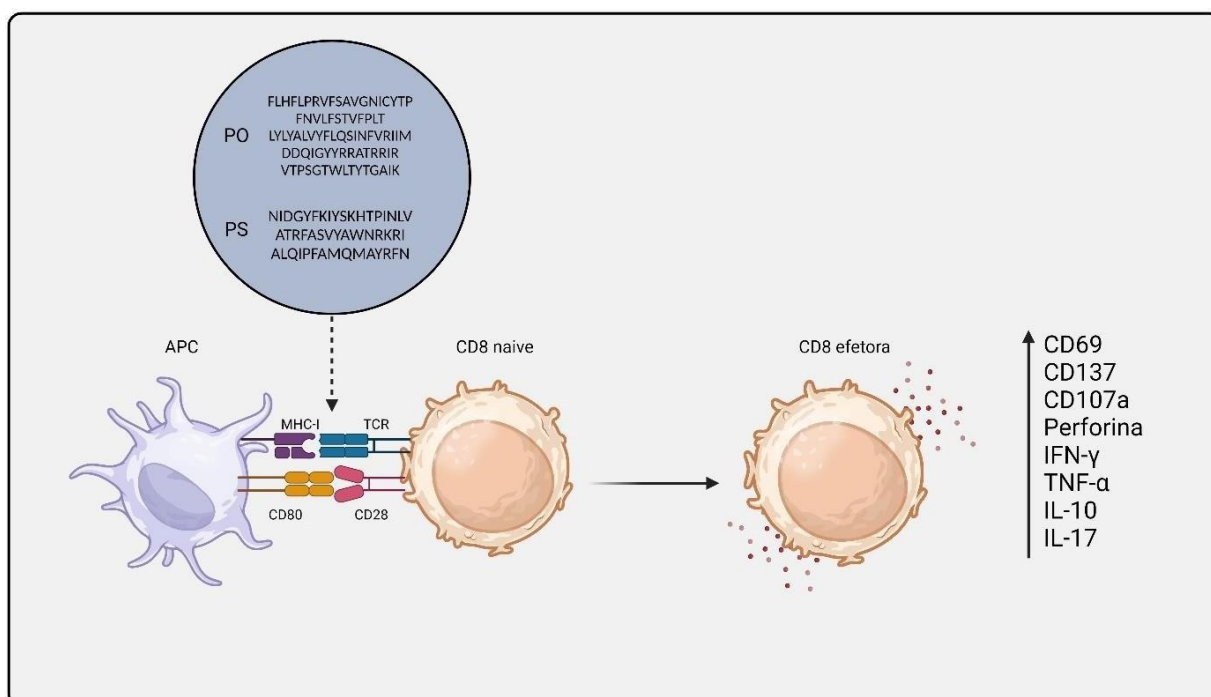


Figura 5: Resultado da expressão aumentada dos biomarcadores nas células T CD8⁺ (CD69, CD137, CD107a, perforina, IFN- γ , TNF- α , IL-10 e IL-17) mediante estímulo frente ao PS e PO.

Referências

- ADAMO, Sarah et al. Profound dysregulation of T cell homeostasis and function in patients with severe COVID-19. *Allergy*, v. 76, n. 9, p. 2866-2881, 2021.
- ALI, Sumaia A.; ALMOFTI, Yassir A.; ABD-ELRAHMAN, Khoubieb A. Immunoinformatics approach for multiepitopes vaccine prediction against glycoprotein B of avian infectious laryngotracheitis virus. *Advances in Bioinformatics*, v. 2019, 2019.
- ASSESSMENT, RAPID RISK. Risk related to the spread of new SARS-CoV-2 variants of concern in the EU/EEA—first update. European Centre for Disease Prevention and Control An agency of the European Union, 2021.
- AZAIZ, Mouna Ben et al. Deciphering the balance of IL-6/IL-10 cytokines in severe to critical COVID-19 patients. *Immunobiology*, v. 227, n. 4, p. 152236, 2022.
- BANERJEE, S. et al. Immuno-informatics approach for multi-epitope vaccine designing against SARS-CoV-2. *bioRxiv*, 2020.
- BERT, Nina Le et al. Different pattern of pre-existing SARS-COV-2 specific T cell immunity in SARS-recovered and uninfected individuals. *BioRxiv*, p. 2020.05. 26.115832, 2020.
- BERTOLETTI, Antonio et al. SARS-CoV-2-specific T cells in infection and vaccination. *Cellular & molecular immunology*, v. 18, n. 10, p. 2307-2312, 2021.
- BILLIAU, Alfons; MATTHYS, Patrick. Interferon- γ : a historical perspective. *Cytokine & growth factor reviews*, v. 20, n. 2, p. 97-113, 2009.
- BOURGONJE, Arno R. et al. Angiotensin-converting enzyme-2 (ACE2), SARS-CoV-2 and pathophysiology of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *The Journal of Pathology*, 2020.
- CHEN, Zeyu; WHERRY, E. John. T cell responses in patients with COVID-19. *Nature Reviews Immunology*, p. 1-8, 2020.
- CSORDAS, Bárbara Guimarães et al. Is IFN expression by NK cells a hallmark of severe COVID-19?. *Cytokine*, v. 157, p. 155971, 2022.
- DAVIES, Nicholas G. et al. Estimated transmissibility and severity of novel SARS-CoV-2 Variant of Concern 202012/01 in England. *MedRxiv*, p. 2020.12. 24.20248822, 2020.
- DE BIASI, Sara et al. Marked T cell activation, senescence, exhaustion and skewing towards TH17 in patients with COVID-19 pneumonia. *Nature communications*, v. 11, n. 1, p. 3434, 2020.
- DIAO, Bo et al. Reduction and functional exhaustion of T cells in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Frontiers in immunology*, p. 827, 2020.
- GATTI, Arianna et al. Assessing SARS-CoV-2-specific T-cell reactivity in late convalescents and vaccinees: Comparison and combination of QuantiFERON and activation-induced marker assays, and relation with antibody status. *Plos one*, v. 18, n. 5, p. e0285728, 2023.
- GRIFONI, Alba et al. Targets of T cell responses to SARS-CoV-2 coronavirus in humans with COVID-19 disease and unexposed individuals. *Cell*, v. 181, n. 7, p. 1489-1501. e15, 2020.
- GU, Chunfang; WU, Ling; LI, Xiaoxia. IL-17 family: cytokines, receptors and signaling. *Cytokine*, v. 64, n. 2, p. 477-485, 2013.
- HABEL, Jennifer R. et al. Suboptimal SARS-CoV-2-specific CD8+ T cell response associated with the prominent HLA-A* 02: 01 phenotype. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 39, p. 24384-24391, 2020.
- HAN, Huan et al. Profiling serum cytokines in COVID-19 patients reveals IL-6 and IL-10 are disease severity predictors. *Emerging microbes & infections*, v. 9, n. 1, p. 1123-1130, 2020.

HASANVAND, Amin. COVID-19 and the role of cytokines in this disease. *Inflammopharmacology*, v. 30, n. 3, p. 789-798, 2022.

HOU, Yixuan J. et al. SARS-CoV-2 D614G variant exhibits efficient replication ex vivo and transmission in vivo. *Science*, v. 370, n. 6523, p. 1464-1468, 2020.

JANGRA, Sonia et al. The E484K mutation in the SARS-CoV-2 spike protein reduces but does not abolish neutralizing activity of human convalescent and post-vaccination sera. *MedRxiv*, 2021.

JEEWANDARA, Chandima et al. Immune responses to Sinopharm/BBIBP-CorV in individuals in Sri Lanka. *Immunology*, v. 167, n. 2, p. 275-285, 2022.

KALIAMURTHI, Satyavani et al. Designing of CD8+ and CD8+-overlapped CD4+ epitope vaccine by targeting late and early proteins of human papillomavirus. *Biologics: Targets and Therapy*, p. 107-125, 2018.

KEDZIERSKA, Katherine; THOMAS, Paul G. Count on us: T cells in SARS-CoV-2 infection and vaccination. *Cell Reports Medicine*, v. 3, n. 3, 2022.

KORBER, Bette et al. Tracking changes in SARS-CoV-2 spike: evidence that D614G increases infectivity of the COVID-19 virus. *Cell*, v. 182, n. 4, p. 812-827. e19, 2020.

KURI-CERVANTES, Leticia et al. Comprehensive mapping of immune perturbations associated with severe COVID-19. *Science immunology*, v. 5, n. 49, p. eabd7114, 2020. LAING, Adam G. et al. A dynamic COVID-19 immune signature includes associations with poor prognosis. *Nature medicine*, v. 26, n. 10, p. 1623-1635, 2020.

LAIDLAW, Brian J.; ELLEBEDY, Ali H. The germinal centre B cell response to SARS-CoV-2. *Nature Reviews Immunology*, v. 22, n. 1, p. 7-18, 2022.

LAING, Adam G. et al. A dynamic COVID-19 immune signature includes associations with poor prognosis. *Nature medicine*, v. 26, n. 10, p. 1623-1635, 2020.

LAU, Siu-Ying et al. Attenuated SARS-CoV-2 variants with deletions at the S1/S2 junction. *Emerging microbes & infections*, v. 9, n. 1, p. 837-842, 2020.

LAURING, Adam S.; HODCROFT, Emma B. Genetic variants of SARS-CoV-2—what do they mean?. *Jama*, v. 325, n. 6, p. 529-531, 2021.

LI, Qianqian et al. The impact of mutations in SARS-CoV-2 spike on viral infectivity and antigenicity. *Cell*, v. 182, n. 5, p. 1284-1294. e9, 2020.

LIAO, Minfeng et al. The landscape of lung bronchoalveolar immune cells in COVID-19 revealed by single-cell RNA sequencing. *MedRxiv*, p. 2020.02. 23.20026690, 2020.

MA, Wen-Tao et al. The protective and pathogenic roles of IL-17 in viral infections: friend or foe?. *Open biology*, v. 9, n. 7, p. 190109, 2019.

MANZONI, Claudia et al. Genome, transcriptome and proteome: the rise of omics data and their integration in biomedical sciences. *Briefings in bioinformatics*, v. 19, n. 2, p. 286-302, 2018.

MATHEW, Divij et al. Deep immune profiling of COVID-19 patients reveals distinct immunotypes with therapeutic implications. *Science*, v. 369, n. 6508, p. eabc8511, 2020. MATIKAINEN, Sampsa et al. Tumor necrosis factor alpha enhances influenza A virus- induced expression of antiviral cytokines by activating RIG-I gene expression. *Journal of virology*, v. 80, n. 7, p. 3515-3522, 2006.

MAZZONI, Alessio et al. Impaired immune cell cytotoxicity in severe COVID-19 is IL-6 dependent. *The Journal of clinical investigation*, v. 130, n. 9, p. 4694-4703, 2020.

MCMAHAN, Katherine et al. Correlates of protection against SARS-CoV-2 in rhesus macaques. *Nature*, v. 590, n. 7847, p. 630-634, 2021.

MODERBACHER, Carolyn Rydzynski et al. Antigen-specific adaptive immunity to SARS- CoV-2 in acute COVID-19 and associations with age and disease severity. *Cell*, v. 183, n. 4, p. 996-1012. e19, 2020.

- MUIK, Alexander et al. Neutralization of SARS-CoV-2 lineage B. 1.1. 7 pseudovirus by BNT162b2 vaccine-elicited human sera. *Science*, v. 371, n. 6534, p. 1152-1153, 2021. National Health Commission of the People's Republic of China. Briefing on the latest situation of the novel coronavirus pneumonia epidemic. http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/list_gzbd.shtml (2020).
- PAINTER, Mark M. et al. Rapid induction of antigen-specific CD4+ T cells is associated with coordinated humoral and cellular immunity to SARS-CoV-2 mRNA vaccination. *Immunity*, v. 54, n. 9, p. 2133-2142. e3, 2021.
- PENG, Miao et al. Neoantigen vaccine: an emerging tumor immunotherapy. *Molecular cancer*, v. 18, n. 1, p. 1-14, 2019.
- PENG, R. et al. Cell entry by SARS-CoV-2. *Trends in biochemical sciences*. v. 46, n. 10, p. 848-860, 2021.
- PLANTE, Jessica A. et al. Spike mutation D614G alters SARS-CoV-2 fitness. *Nature*, v. 592, n. 7852, p. 116-121, 2021.
- POLAND, Gregory A. et al. Vaccinology in the third millennium: scientific and social challenges. *Current opinion in virology*, v. 17, p. 116-125, 2016.
- RAMBAUT, Andrew et al. A dynamic nomenclature proposal for SARS-CoV-2 lineages to assist genomic epidemiology. *Nature microbiology*, v. 5, n. 11, p. 1403-1407, 2020.
- SAFAVI, A. et al. Exploring the out of sight antigens of SARS-CoV-2 to design a candidate multi-epitope vaccine by utilizing immunoinformatics approaches. *Vaccine*, v. 38, n. 48, p. 7612-7628, 2020.
- SCHWARZKOPF, Sina et al. Cellular immunity in COVID-19 convalescents with PCR- confirmed infection but with undetectable SARS-CoV-2-specific IgG. *Emerging infectious diseases*, v. 27, n. 1, p. 122, 2021.
- SEKINE, Takuya et al. Robust T cell immunity in convalescent individuals with asymptomatic or mild COVID-19. *Cell*, v. 183, n. 1, p. 158-168. e14, 2020.
- SERVÍN-BLANCO, R. et al. Antigenic variability: obstacles on the road to vaccines against traditionally difficult targets. *Human vaccines & immunotherapeutics*, v. 12, n. 10, p. 2640- 2648, 2016.
- SONG, Jin-Wen et al. Immunological and inflammatory profiles in mild and severe cases of COVID-19. *Nature communications*, v. 11, n. 1, p. 3410, 2020.
- SZABO, Peter A. et al. Longitudinal profiling of respiratory and systemic immune responses reveals myeloid cell-driven lung inflammation in severe COVID-19. *Immunity*, v. 54, n. 4, p. 797-814. e6, 2021.
- TERRY, Frances E. et al. Time for T? Immunoinformatics addresses vaccine design for neglected tropical and emerging infectious diseases. *Expert review of vaccines*, v. 14, n. 1, p. 21-35, 2015.
- TO, K. K. et al. COVID-19 re-infection by a phylogenetically distinct SARS-coronavirus-2 strain confirmed by whole genome sequencing. *Clin infect dis*, v. 10, 2020.
- TOMARAS, Georgia D.; PLOTKIN, Stanley A. Complex immune correlates of protection in HIV-1 vaccine efficacy trials. *Immunological reviews*, v. 275, n. 1, p. 245-261, 2017.
- UDOMSINPRASERT, Wanvisa et al. Circulating levels of interleukin-6 and interleukin-10, but not tumor necrosis factor-alpha, as potential biomarkers of severity and mortality for COVID-19: systematic review with meta-analysis. *Journal of clinical immunology*, v. 41, p. 11-22, 2021.
- UNIVERSIDADE JOHN HOPKINS- Johns Hopkins University (JHU). COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU). Disponível em: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>.
- URRUTIA-BACA, Victor Hugo et al. Immunoinformatics approach to design a novel epitope-based oral vaccine against *Helicobacter pylori*. *Journal of Computational Biology*, v. 26, n. 10, p. 1177-1190, 2019.
- VASQUES NONAKA, C. K. et al. Genomic Evidence of a Sars-Cov-2 Reinfection Case With E484K Spike Mutation in Brazil (preprint). 2020.

- VITTE, Joana et al. A granulocytic signature identifies COVID-19 and its severity. *The Journal of infectious diseases*, v. 222, n. 12, p. 1985-1996, 2020.
- VOLZ, Erik et al. Evaluating the effects of SARS-CoV-2 spike mutation D614G on transmissibility and pathogenicity. *Cell*, v. 184, n. 1, p. 64-75. e11, 2021.
- WILK, Aaron J. et al. A single-cell atlas of the peripheral immune response in patients with severe COVID-19. *Nature medicine*, v. 26, n. 7, p. 1070-1076, 2020.
- WONG, Yik Chun et al. Natural transmission of bat-like severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 without proline-arginine-arginine-alanine variants in coronavirus disease 2019 patients. *Clinical Infectious Diseases*, v. 73, n. 2, p. e437-e444, 2021.
- YAN, R.; ZHANG, Y.; LI, Y.; XIA, L.; GUO, Y.; ZHOU, Q. Structural basis for the recognition of the SARS-CoV-2 by full-length human ACE2. *Science*. v. 367, n. 6485, p. 1444-1448, 2020. doi: 10.1126/science.abb2762.
- YAO, H.; et al. Molecular Architecture of the SARS-CoV-2 Virus. *Cell*, v. 183, n. 3, p. 730- 738.e13, 2020.
- YURKOVETSKIY, Leonid et al. Structural and functional analysis of the D614G SARS- CoV-2 spike protein variant. *Cell*, v. 183, n. 3, p. 739-751. e8, 2020.
- ZHANG, J. et al. Single-cell landscape of immunological responses in patients with COVID-
- ZHAO, Chunyuan; ZHAO, Wei. NLRP3 inflammasome—a key player in antiviral responses. *Frontiers in immunology*, v. 11, p. 211, 2020.
- ZHENG, Hong-Yi et al. Elevated exhaustion levels and reduced functional diversity of T cells in peripheral blood may predict severe progression in COVID-19 patients. *Cellular & molecular immunology*, v. 17, n. 5, p. 541-543, 2020.
- ZHENG, M. et al. Functional exhaustion of antiviral lymphocytes in COVID-19 patients. *Cellular & molecular immunology*, 2020
- ZHU, N.; ZHANG, D.; WANG, W.; LI, X.; YANG, B.; et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*. v. 382, n.8, p.727-733, 2020. doi: 10.1056/NEJMoa2001017
- ZHU, Na et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England journal of medicine*, v. 382, n. 8, p. 727-733, 2020.
- ZHUANG, Zhen et al. Mapping and role of T cell response in SARS-CoV-2–infected mice. *Journal of Experimental Medicine*, v. 218, n. 4, p. e20202187, 2021.

PURIFICAÇÃO E HIDRÓLISE DAS PROTEÍNAS DO SORO LEITE CAPRINO DA RAÇA SAANEN

Paulo Gustavo Costa e Silva Cruz ¹

Tatiane Santi Gadelha ²

Proteínas do soro do leite podem ser concentradas ou isoladas para utilizar como alimentos funcionais, por possuir propriedades biológicas que beneficiam a saúde, auxiliando na prevenção e recuperação de doenças. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as proteínas e peptídeos do soro do leite caprino da raça Saanen. As proteínas foram obtidas por precipitação isoelétrica, concentradas e separação por adição de sulfato de amônio obtendo as frações 0-30%, 30-60% e 60-90%. Realizou-se análise do teor e solubilidade, separação por cromatografia de troca iônica, hidrolisadas com pepsina em diferentes pH e tempos e verificadas por SDS-PAGE. Os resultados indicam que a fração 60-90% apresenta maior concentração de proteínas com maior solubilidade e que a hidrólise com pepsina é eficaz para obtenção de possíveis peptídeos biologicamente ativos e que a cromatografia de troca iônica pode ser utilizada separar proteínas com carga negativa. Conclui-se que o soro do leite caprino da raça Saanen é uma boa fonte de proteínas e peptídeos bioativos a serem explorados.

Palavras-chave: Proteínas do Soro do Leite. Leite de Cabra. Proteólise. Composto Bioativo.

¹ Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

² Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

Apresentação

O leite e seus subprodutos são alimentos de suma importância em todo o mundo e sua produção deve aumentar de 838 milhões de toneladas em 2018 para 981 milhões de toneladas até 2028, sendo o queijo o segundo produto lácteo mais consumido (OECD/FAO, 2019). O Brasil produz aproximadamente 26 milhões de litros de leite caprino por ano, e a região Nordeste é responsável por 70% dessa produção, sendo a Paraíba e Pernambuco responsáveis por 50% da produção regional e 35% da produção do país (Oliveira et al., 2022).

O leite de cabra é rico em proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas, minerais e outros micronutrientes, possui pequenas partículas de gordura, baixa alergenicidade, fácil digestão e absorção e melhor valor biológico do que o leite de vaca (Du et al., 2022; Kostić et al., 2021). O soro do leite é um subproduto da indústria de produtos lácteos produzido em grandes volumes a partir da fabricação do queijo. Rico em compostos bioativos, apresenta atividade antioxidante, antibacteriana, imunomoduladora, antitumoral e anti-hipertensiva (Medeiros et al., 2018, Campos et al., 2022).

Além disso, as proteínas do soro do leite perfazem 20% do total das proteínas do leite (Rahmatalla et al., 2020) e seus isolados podem ser utilizados como alimentos funcionais pois apresentam diversos atributos positivos para a saúde humana e para prevenção de doenças não comunicáveis como o câncer, doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, distúrbios da função intestinal, controle da obesidade e melhora da síntese muscular (Mehra et al., 2021, Campos et al., 2022).

A composição do soro do leite de cabra varia com a raça, fase de lactação, alimento apresentado ao animal, clima do local e a forma de obtenção do soro do leite (Da Costa et al., 2014; Medeiros et al., 2018; Sun et al., 2023). Tendo em vista o potencial de produção de leite cabra do estado da Paraíba e consequente produção do soro na fabricação de queijos e iogurtes, justifica-se a caracterização do soro do leite caprino da raça Saanen, produzido no Cariri Paraibano, como uma forma de obtenção de compostos bioativos e de estímulo à economia local ao agregar valor a este subproduto.

Os objetivos deste capítulo são analisar as proteínas do soro do leite caprino da raça Saanen, avaliar a solubilidade das proteínas e a eficácia da obtenção de proteínas por diferentes métodos de precipitação (isoelétrica seguida por salting-out), realizar a hidrólise com pepsina em diferentes pH e tempos, identificar os peptídeos gerados e isolar as proteínas por cromatografia de troca iônica.

Fundamentação Teórica

De maneira geral, as 4 principais proteínas do soro do leite são alfa-lactoalbumina, beta-lactoglobulina, imunoglobulinas e albumina sérica (Yasmin et al., 2020). Tanto o leite de cabra quanto o soro do leite de cabra são boas fontes de peptídeos bioativos e podem ser hidrolisados com enzimas digestivas como a pepsina e a tripsina (Ahmed et al., 2015). O soro do leite caprino é conhecido por ser rico em proteínas com propriedades biológicas (Campos et al., 2022), porém, encontra-se solubilizado em grandes volumes de água.

Dessa forma, diversas tecnologias têm sido utilizadas para o beneficiamento do soro, como a concentração por aquecimento e secagem (evaporação e secagem por congelamento),

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

desmineralização, ultrafiltração, diálises, cromatografias de troca de iônica e fracionamentos. Alternativamente, a produção de hidrolisados também é uma excelente abordagem para adição de valor ao soro do leite, podendo ser realizada *in vitro* (Brandelli; Daroit; Corrêa, 2015; Kaur et al. 2020).

É comum o uso de técnicas para separar e quantificar as proteínas do soro do leite, como fracionamento ou cromatografias (Holland et al, 2010; Haza et al, 1995). O uso de cromatografias de troca iônica explora as diferenças da carga elétrica de proteínas, que permite separar as caseínas do soro de leite (Holland et al, 2010). Uma estratégia eficiente para concentrar essas proteínas é o uso do método de precipitação por sulfato de amônio. Este método permite a precipitação de diferentes proteínas, removendo a água de solvatação que as envolve. Além disso, é considerado um método altamente eficiente e de fácil implementação (HYDE et al., 2017).

As cadeias de aminoácidos podem ser liberadas como peptídeos bioativos pela ação de enzimas ou fermentação (Agyei et al, 2018). Peptídeos bioativos do leite caprino como já foram descritos anteriormente em vários trabalhos. Os peptídeos podem ser utilizados em formulações hipoalergênicas, iogurtes e bebidas lácteas fermentadas onde podem ser utilizados *Lactobacillus delbrueckii* e *Lactobacillus helveticus* (Champagne, et al., 2018,), a fim de melhorar a imunidade, inibir a trombose e dissipar os radicais livres (Ahmed et al.,2017)

Metodologia

As amostras de leite utilizadas durante a pesquisa para a obtenção do soro do leite caprino foram obtidas da Associação de Caprinocultura do Município de Coxixola / Cariri paraibano. As amostras coletadas foram filtradas, desnatadas e armazenadas a -4°C até o início das análises subsequentes. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química de Proteínas e Peptídeos – LQPP –, do Departamento de Biologia Molecular – DBM –, no Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN –, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB – Campus I.

O soro do leite caprino foi obtido por meio de precipitação isoelétrica da caseína de acordo com a metodologia descrita por Egito et al. (2006), com modificações, o leite previamente desnatado foi submetido a agitação e adicionado HCl 1 M até atingir o pH 4,1. A amostra foi deixada em repouso até verificar a ocorrência da precipitação da caseína com a mudança na coloração do sobrenadante, submetida à centrifugação a frio (20 min, 4°C , 5000 rpm) para separação do soro do leite, da fração caseínica e de possíveis fragmentos de gordura remanescentes. A caseína precipitada foi armazenada à -4°C para análises futuras.

O soro do leite (sobrenadante) foi filtrado, submetido à nova centrifugação nas condições citadas para melhor purificação e precipitado com sulfato de amônio. Na precipitação por sulfato de amônio foram obtidas as frações, 0-30%, 30-60%, 60-90% e a fração 90-100% descartada. Para a obtenção de cada uma das frações foi adicionado sulfato de amônio, de acordo com a tabela de concentrações iniciais e finais de sulfato de amônio para 100 mL de amostra, adequando aos volumes de soro utilizados em cada etapa. O processo de precipitação por sulfato de amônio seguiu a técnica de "salting-out", iniciando com a fração 0-30%, onde a concentração inicial de sal era de 0% e a final 30%. Após a adição do sal, a amostra foi agitada até a dissolução, armazenada a 4°C durante a noite e, em

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

seguida, centrifugada (5000 rpm, 20 min, 4 °C). O precipitado foi coletado como a fração 0-30%, enquanto o sobrenadante foi utilizado para a obtenção da fração 30-60%, e assim por diante, repetindo as etapas até que todas as frações fossem obtidas.

Para aferição do teor de proteínas solúveis presentes no soro do leite de cabra da raça Saanen e nas frações 0-30%, 30-60% e 60-90% foi utilizado o método descrito por Bradford (1976). A solubilidade da amostra foi realizada em tampão de Tris 0,1 M pH 7,4, na concentração de 1 mg/mL. Após a diluição inicial foram realizadas diluições seriadas nas concentrações de 1:2 e 1:4, todas em triplicatas, analisadas por espectrofotometria, a 595 nm.

Para realizar a Cromatografia de Troca Iônica (CTI), foi utilizada uma coluna DEAE-SEPHACEL com um volume de 23,5 mL. Cada uma das frações (0-30%, 30-60% e 60-90%) foi aplicada na coluna com uma concentração de 23,5 mg/mL de tampão Tris-HCl 0,1 M, pH 7,4. A coluna foi previamente equilibrada com o eluente Tris-HCl 0,1 M, pH 7,4, em todas as repetições. O eluído foi coletado utilizando um coletor, com uma bomba ajustada para um fluxo constante de 3,0 mL/min, coletando 2 mL por tubo.

Para obter o pico não retido, foram aplicados 2-3 volumes de coluna até atingir uma absorbância de 0,050 nm, lidos em um comprimento de onda de 280 nm. O pico retido foi eluído com um gradiente de 0-1 M de NaCl (46 mL). As amostras foram coletadas com uma absorbância inicial e final de 0,100 nm. Os picos foram coletados, dialisados, congelados e liofilizados para análises subsequentes. No total, foram realizadas cinco repetições em cada uma das frações para estabelecer um padrão aproximado da cromatografia.

As frações proteicas 0-30%, 30-60% e 60-90% do soro do leite caprino foram submetidas à hidrólise *in vitro*, seguindo a metodologia de Ahmed et al. (2015) com modificações. Utilizou-se a enzima pepsina para a hidrólise das amostras a 37 °C, com uma concentração enzima-substrato de [1:50] para as frações 0-30% e 30-60% (A1, A2 e A3), bem como para a fração 60-90% (A1 e A2), a concentração foi ajustada para 1:25 na amostra A3. Após a incubação, as amostras foram aquecidas em banho-maria a 85 °C por 10 min, seguidas por resfriamento em banho de gelo e centrifugação (6000 rpm; 20 min; 4 °C). O sobrenadante do hidrolisado foi então dialisado em membrana de 1 kDa, congelado e liofilizado para análises futuras.

O grau de hidrólise foi estabelecido de acordo com Sarabandi et al. (2018) com adaptações. Para obtenção do grau de hidrólise, os peptídeos obtidos por ação da pepsina foram diluídos em água ultrapura na concentração de 5 mg/mL de cada uma das amostras do hidrolisado da fração 60-90% (A1, A2 e A3 nos tempos - 90, 120 e 150 min) e adicionado TCA 0,44 mM 1:1. As amostras contendo TCA permaneceram incubadas por 30 min a 20 ± 2 °C e centrifugadas (6000 rpm; 10 min). Obtendo um sobrenadante contendo o hidrolisado e o precipitado contendo as proteínas não hidrolisadas que foi descartado. Para verificar o grau de hidrólise foi utilizado o método de Bradford com cada uma das amostras, em triplicata, e a razão entre o resultado do Bradford das amostras contendo TCA e as amostras sem o TCA (controle) foi considerado o grau de hidrólise obtido, de acordo com a equação a seguir:

$$GH(\%) = \frac{\text{Proteína (TCA + Sobrenadante)}}{\text{Proteína (Hidrolisados)}} \times 100$$

As amostras de soro do leite caprino, suas frações e os hidrolisados foram caracterizadas por eletroforese em gel de poliacrilamida em condições desnaturantes (PAGE – SDS) de acordo com Laemmli (1970). Para tanto utilizou-se 1 mg de amostra para 200 µL da

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

solução tampão de amostra contendo Tris HCl pH 6.8 (25% v/v), SDS 10% (40% v/v), glicerol (20% v/v), beta mercaptoetanol (10% v/v), azul de bromofenol (40 % p/v) e água destilada (5% v/v). Após homogeneizar a amostra na solução tampão foi levada à estufa a 100 °C por 10 min, centrifugada por 1 min e aplicada no gel. Para o gel de separação, foi utilizado a concentração de 20 %, acrilamida/bisacrilamida, 1250 µL de Tris HCl 1,5M pH 8.8, 50 µL de SDS 10%, 250 µL de persulfato de amônio 1.5% e 10 µL de TEMED. O gel de concentração foi utilizado na concentração de 3%. A corrida foi realizada com amperagem constante a 25 mA e a voltagem foi ajustada automaticamente pela fonte. Após a corrida o gel foi colocado em uma solução fixadora por 1 h, em seguida solução corante por 24 h e solução descorante para visibilização das bandas. Foram utilizadas como marcador as proteínas BSA (66 kDa), ovoalbumina (45 kDa), anidrase carbônica (30 kDa) e inibidor de tripsina (20,1 kDa). As imagens do gel foram analisadas com auxílio do programa ImageJ – National Institute of Health.

Resultados e Discussão

Ao analisar os resultados do teor de proteínas solúveis, conforme apresentado na Tabela 1, observamos que a fração 0-30% exibiu um menor percentual de proteínas solúveis quando comparado com o soro e as frações 30-60% e 60-90%, devido a baixa precipitação de proteínas dessa fração. Os dados foram resumidos na Tabela 1, onde podemos observar os diferentes teores de proteínas solúveis do soro de leite caprino e das frações.

Tabela 1: Concentração de proteína solúvel das amostras de soro do leite e das frações 0-30%, 30-60% e 60-90% em solução de Tris 0,1 M pH 7,4.

Amostra	mgP/mL
Soro do Leite	0,194
Fração 0-30%	0,127
Fração 30-60%	0,317
Fração 60-90%	0,371

Os resultados obtidos sugerem que ocorreu a precipitação de proteínas com diferentes graus de solubilidade nas diversas frações. Notadamente, as faixas entre 30-60% e 60-90% apresentaram um maior teor de proteínas solúveis, resultando em um aumento correspondente no percentual de solubilidade.

O incremento na concentração de sulfato de amônio indica que as proteínas que precipitaram primeiro na faixa de 0-30% são mais hidrofóbicas, exigindo, portanto, uma menor quantidade de sulfato para remover a água de solvatação que as mantinha solúveis.

De forma análoga, as proteínas mais hidrofílicas demandaram concentrações mais elevadas de sulfato, pois há maior força de interação entre a água de solvatação e suas regiões hidrofílicas. Essas proteínas, isoladas do restante do pool proteico, exibiram não apenas um maior teor de proteínas solúveis, mas também maior solubilidade, conforme evidenciado na Figura 1.

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

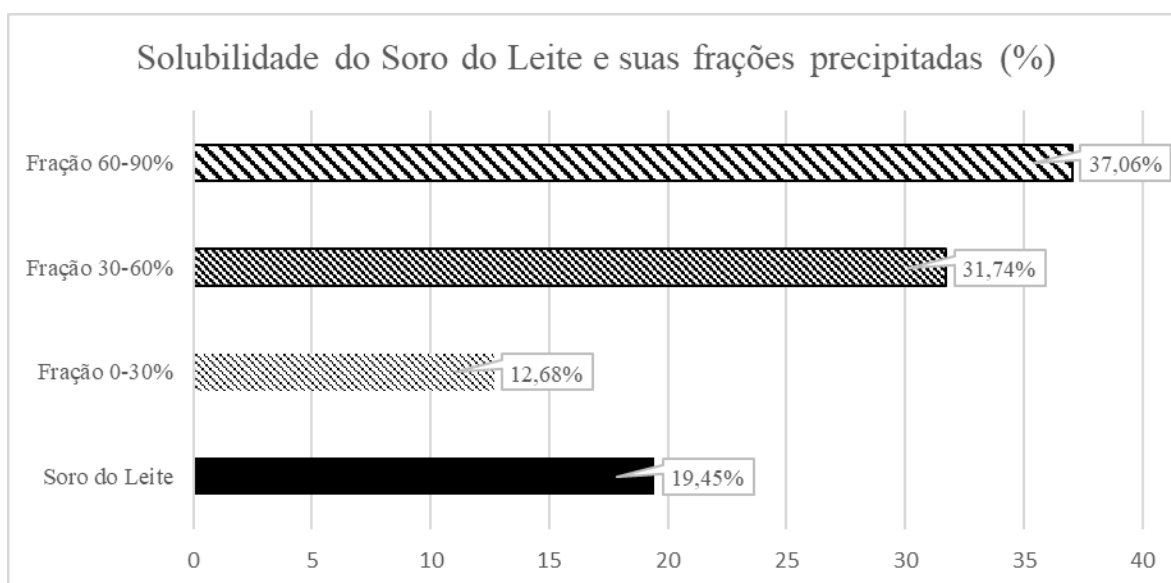


Figura 1: Solubilidade do Soro do Leite de Cabra F3 e suas frações precipitadas (%).

A figura 2 representa o cromatograma da fração 0-30%, mostrando que as proteínas presentes nessa fração são formadas por um grupo de proteínas com cargas positivas eluídas no pico não retido e negativas eluídas no pico retido respectivamente.

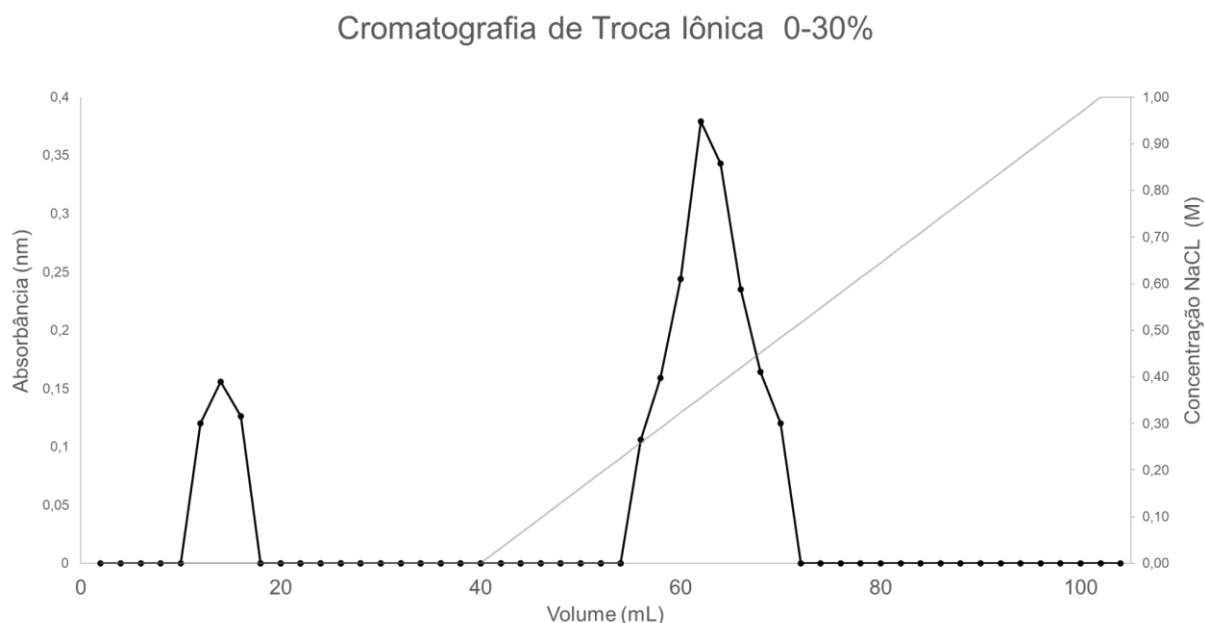


Figura 2: Cromatografia de troca iônica da fração 0-30% do soro do leite de cabra em gradiente 0-1M de NaCl.

O pico retido, foi eluído quando a concentração de NaCl de 0,23 M a 0,52 M, tendo seu pico máximo a absorbância de 0,379 nm em 0,32 M. Dentre as proteínas presentes na fração 0-30% aplicadas na coluna, houve uma maior quantidade de proteínas retidas na coluna, ou seja com cargas negativas, do que proteínas que não interagiram com a coluna cromatográfica (pico não retido), como apresentado na Figura 2.

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

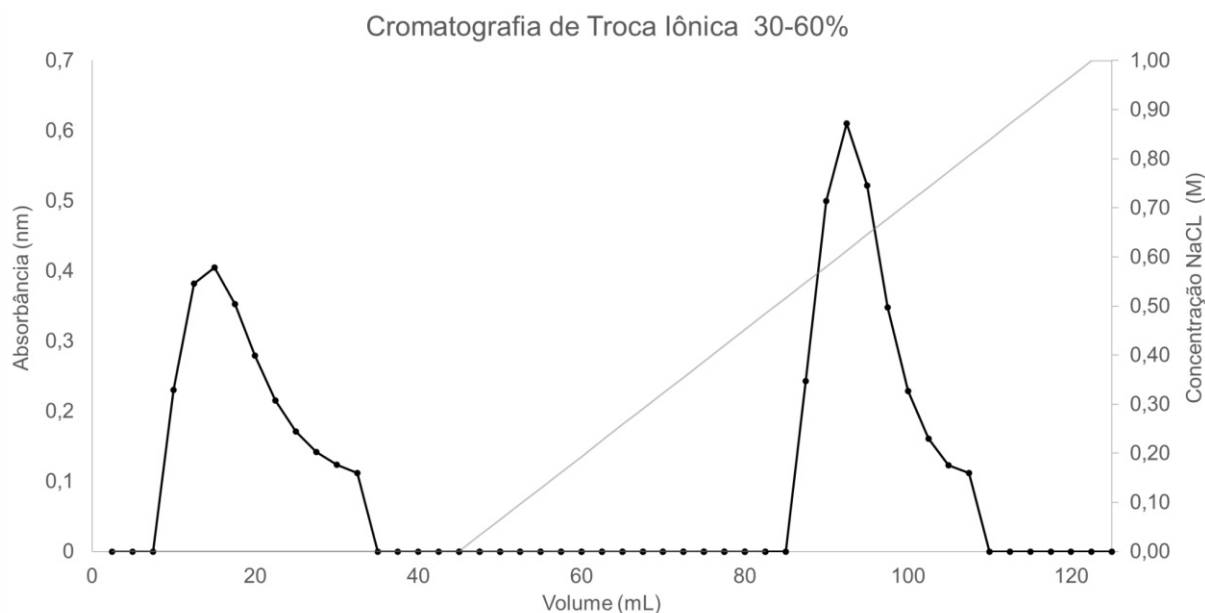


Figura 3: Cromatografia de troca iônica da fração 30-60% do soro do leite de cabra com adição de gradiente 0-1M de NaCl.

A cromatografia de troca iônica da fração 30-60% do soro do leite de cabra apresentou dois picos, sendo, o pico não retido eluído com de eluente 42,5 mL, tendo seu pico uma absorbância máxima de 0,405 nm. O pico retido, por sua vez, foi eluído quando a concentração de NaCl atingiu 0,52 M e terminou em 0,81 M, tendo a absorbância máxima de 0,610 nm em 0,61 M. Dentre as proteínas presentes na fração 30-60% aplicadas na coluna, houve uma maior quantidade de proteínas no pico retido, portanto com cargas negativas, como é possível perceber na Figura 3.

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

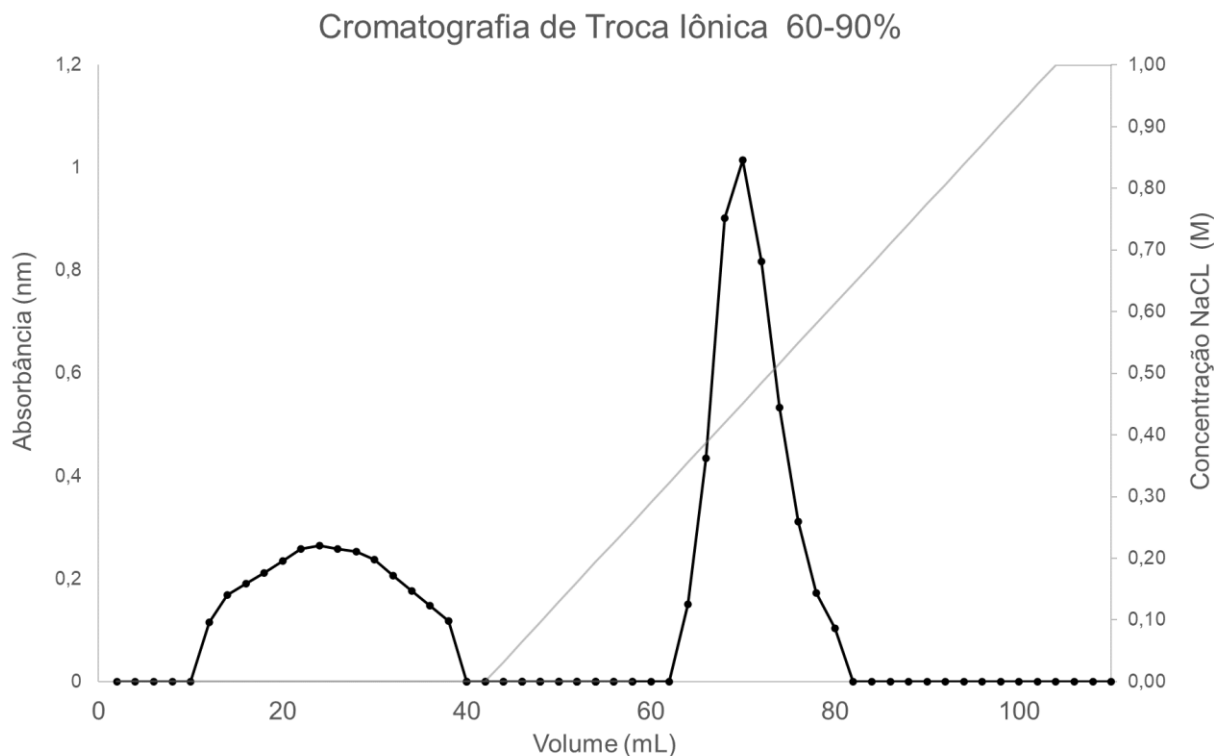


Figura 4: Cromatografia de troca iônica da fração 60-90% do soro do leite de cabra com adição de gradiente 0-1M de NaCl.

A CTI da fração 60-90% do soro do leite de cabra apresentou dois picos, sendo o não retido eluído 50 mL, com absorbância máxima de 0,264 nm aos 24 mL. O pico retido, por sua vez, foi eluído quando a concentração de NaCl alcançou 0,32 M e terminou de ser eluído com aproximadamente 0,65 M, tendo seu pico com absorbância máxima de 1,014 nm em 0,45 M. Dentre as proteínas presentes na fração 60-90% aplicadas na coluna, houve uma maior quantidade de proteínas no pico retido do que proteínas que não interagiram com a matriz da coluna como é possível perceber na Figura 4.

Ao analisarmos o comportamento das diferentes frações (0-30, 30-60 e 60-90%) em cromatografia de troca iônica podemos verificar que as proteínas com cargas negativas são predominantes e foram eluídas com diferentes concentrações de NaCl, sendo as frações 0-30 e 60-90% aparentemente possui cargas negativas mais semelhantes pois a quantidade de sal utilizado para eluir foram próximos. Observamos que as proteínas da fração 30-60% apresentam ser mais negativas que as presentes nas demais frações devido ao fato destas necessitarem uma concentração de NaCl maior para serem eluídas quando comparadas com as outras frações.

A Figura 5 mostra a SDS-PAGE das amostras do Soro do Leite (SL).

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

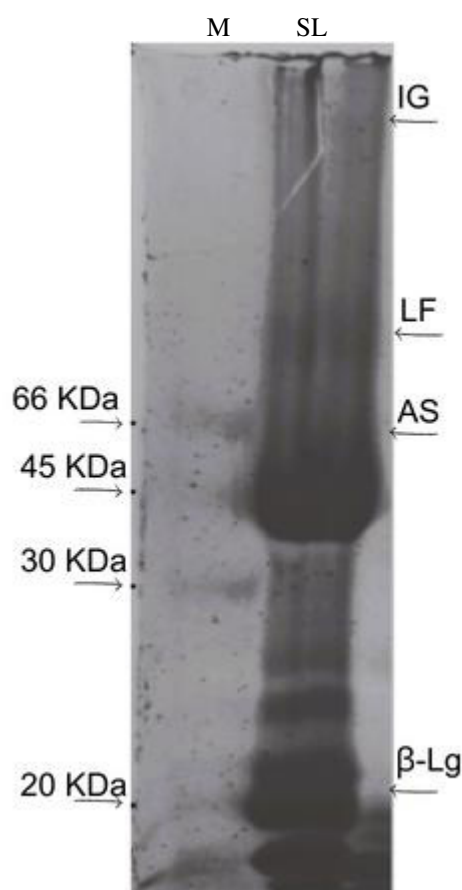


Figura 5: Perfis de eletroforese SDS-PAGE, Marcador (M), Soro do Leite (SL).

A análise do perfil do soro do leite (SL), em conformidade com resultados encontrados na literatura, revelou a presença de bandas de proteínas em diversas faixas de peso molecular. Notadamente, abaixo de 20 kDa, são indicadas a alfa-lactoalbumina (14 kDa), proteases e peptonas (4 - 20 kDa). Na faixa de 20 kDa, destaca-se a beta-lactoglobulina (± 20 kDa). Entre 30 kDa e 66 kDa, são identificadas a caseína (± 34 kDa), a albumina sérica (± 66 kDa) e a lactoperoxidase (± 60 kDa). Acima de 66 kDa, conforme literatura, encontram-se lactoferrinas (78 kDa) e imunoglobulinas (150 - 1000 kDa) (Campos et al., 2022; Du et al., 2022; Medeiros et al., 2018; Mehra et al., 2021; Yasmin et al., 2020). Essa análise detalhada oferece uma compreensão abrangente das diferentes proteínas no soro do leite caprino, contribuindo para uma visão mais completa de sua composição.

A figura 6 mostra o perfil proteico de eletroforese SDS-PAGE, e por Image J do soro do leite, fração 30-60%, pico não retido e pico retido.

A análise comparativa do soro do leite de cabra revela que o fracionamento 30-60% resultou em uma concentração de proteínas com peso molecular aproximado entre 45 e 78 kDa. Após a aplicação dessa fração na cromatografia de troca iônica, observa-se que as bandas nessa faixa de peso molecular ficaram retidas no pico não retido (1), enquanto proteínas como β -Lg e α -La foram isoladas no pico retido (2).

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

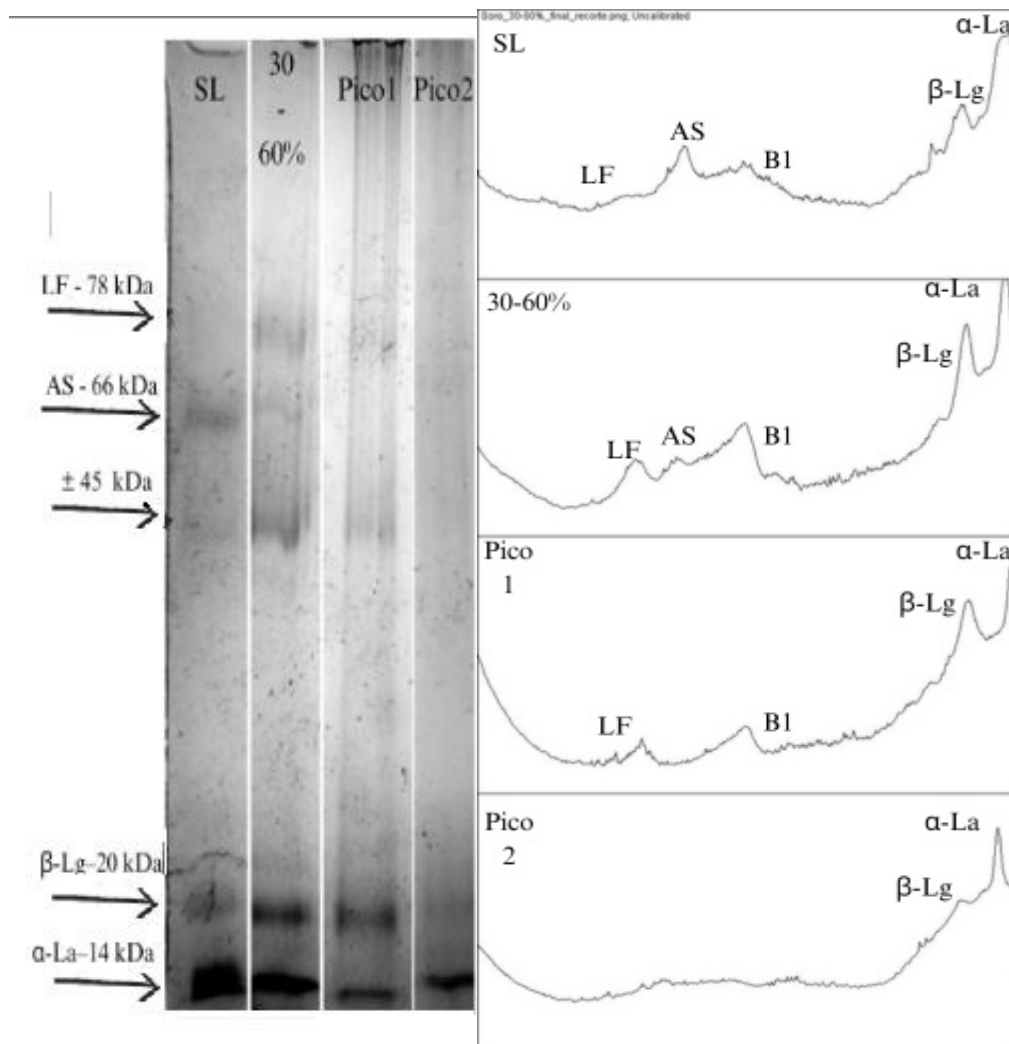


Figura 6: Perfis de eletroforese SDS-PAGE, e Image J da Fração 30-60%, Pico não retido (1) e Pico retido (2).

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

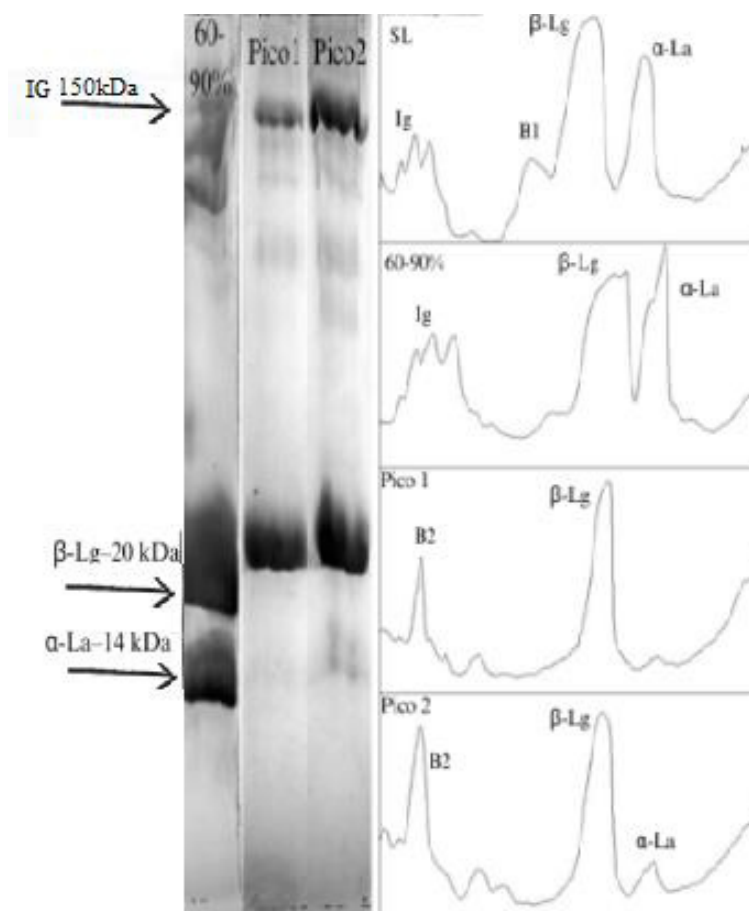


Figura 7: Perfis de eletroforese SDS-PAGE, e Image J da Fração 60-90%, Pico não retido (1) e Pico retido (2).

No soro do leite, evidenciamos a presença de proteínas de alto peso molecular na região característica das imunoglobulinas (Ig), além da presença das proteínas β -Lactoglobulina (β -Lg) e alfa-lactoalbumina (α -La). Na fração 60-90%, observa-se o desaparecimento da banda B1. Durante a cromatografia da fração 60-90%, ocorre uma concentração das proteínas de mais alto peso molecular (B2) tanto no pico retido quanto no pico não retido, com um desaparecimento quase completo da α -La no pico não retido.

Esses resultados sugerem mudanças significativas nas composições proteicas ao longo do fracionamento, indicando a possibilidade de isolamento seletivo de proteínas específicas em diferentes faixas. A análise detalhada dessas mudanças proporciona insights valiosos sobre a distribuição de proteínas no soro do leite e destaca a eficácia do processo de fracionamento na separação de componentes específicos.

Conclusões

As proteínas do soro do leite caprino da raça Saanen foram melhor precipitadas na faixa de 60-90%, onde apresenta proteínas com maior teor proteico e maior solubilidade, e que essas proteínas dessa fração apresentam maior concentração de proteínas com cargas negativas e com menor massa molecular. A hidrólise realizada com pepsina foi eficaz para todos os parâmetros observados, porém com maior grau de hidrólise ocorrendo em pH 2,5 no tempo de 120 min. Os peptídeos gerados após a hidrólise apresentam um percentual de

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

hidrólise superior a 10% o que leva a crer que o pool apresenta peptídeos biologicamente ativos e que podem ser utilizados como uma fonte promissora de compostos com propriedades diversificadas.

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

Referências

- AHMED, A. S. et al. Identification of potent antioxidant bioactive peptides from goat milk proteins. **Food Research International**, v. 74, p. 80–88, 1 ago. 2015.
- BRANDELLI, A.; DAROIT, D. J.; CORRÊA, A. P. F. Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. **Food Research International**, v. 73, p. 149–161, 1 jul. 2015.
- CAMPOS, M. I. F. et al. Characterization of goat whey proteins and their bioactivity and toxicity assay. **Food Bioscience**, v. 46, 1 abr. 2022.
- DA COSTA, W. K. A. et al. Comparative protein composition analysis of goat milk produced by the alpine and saanen breeds in Northeastern Brazil and related antibacterial activities. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 27 mar. 2014.
- DU, X. et al. Characterization of structure, physicochemical properties, and hypoglycemic activity of goat milk whey protein hydrolysate processed with different proteases. **LWT**, v. 159, p. 113257, 1 abr. 2022.
- KAUR, N. *et al.* Recent developments in purification techniques and industrial applications for whey valorization: A review. **Chemical Engineering Communications**, v. 207, n. 1, p. 123–138, 2 jan. 2020.
- KOSTIĆ, A. et al. Polyphenol bioaccessibility and antioxidant properties of in vitro digested spray-dried thermally-treated skimmed goat milk enriched with pollen. **Food Chemistry**, v. 351, p. 129310, 30 jul. 2021.
- LIMA, S. A. **Caracterização proteica e atividade antibacteriana das proteínas do soro de leite caprino**. 2018. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018
- MEDEIROS, G. K. V. V. et al. Proteomic of goat milk whey and its bacteriostatic and antitumour potential. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 113, p. 116–123, 1 jul. 2018.

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

MEHRA, R. et al. Whey proteins processing and emergent derivatives: An insight perspective from constituents, bioactivities, functionalities to therapeutic applications. **Journal of Functional Foods**, v. 87, p. 104760, 1 dez. 2021.

OECD/FAO. Dairy and dairy products. Em: [s.l: s.n.]. p. 180–189.

OLIVEIRA, L. S. et al. Typology of dairy goat production systems in a semiarid region of Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 216, p. 106777, 1 nov. 2022.

RAHMATALLA, S. A. *et al.* Whey protein polymorphisms in Sudanese goat breeds. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 3, p. 1211–1222, 1 maio 2020.

SARABANDI, K. et al. Microencapsulation of casein hydrolysates: physicochemical, antioxidant and microstructure properties. **Journal of Food Engineering**, v. 237, 2018.

SUN, X. *et al.* Comparative analysis of changes in whey proteins of goat milk throughout the lactation cycle using quantitative proteomics. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 1, p. 792–806, 1 jan. 2023.

YASMIN, I. et al. Characterization and Comparative Evaluation of Milk Protein Variants from Pakistani Dairy Breeds. **Food Science of Animal Resources**, v. 40, n. 5, p. 689, 1 set. 2020.

1 Email do aluno-autor: paulo.cruz2@academico.ufpb.br

2 Email da orientadora: santi.tatiane@gmail.com, santi-t@dbm.ufpb.br, Análise e Isolamento de Proteínas do Leite Caprino / Purificação e Hidrólise das Proteínas do Soro Leite Caprino da Raça Saanen, telefone institucional: (83) 3216-7645.

A horizontal teal brushstroke with a textured, layered appearance, serving as a background for the text.

CIÊNCIAS DA SAÚDE

**CARREADORES LIPÍDICOS NANOESTRUTURADOS (CLNs)
FUNCIONALIZADOS A BASE DE ÓLEO DE ORÉGANO APLICADOS
AO TRATAMENTO DE CÂNCER DE MAMA: DESENVOLVIMENTO E
CARACTERIZAÇÃO**

Ana Flávia Chaves Uchôa¹; Lucas Medeiros Martins Carvalho²; Pedro Henricke Oliveira de Souza²; Karla Samara Rocha Soares²; Francisco Humberto Xavier-Júnior³.

O óleo essencial de orégano (OEO) possui inúmeras propriedades terapêuticas bem elucidadas com potencial aplicação antitumoral. Quando encapsulado em carreadores lipídicos nanoestruturados (CLN), o OEO pode ter resposta terapêutica aumentada e toxicidade reduzida. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi produzir, otimizar e funcionalizar CLN contendo OEO. CLNs foram produzidos por emulsão a quente com sonicação utilizando planejamento experimental Box-Behnken. A formulação otimizada (2% OEO) apresentou tamanho de partícula de $110,6 \pm 1,9$ nm, índice de polidispersão de $0,26 \pm 0,01$ e potencial zeta de $-23,6 \pm 0,8$ mV, sendo Precirol[®] a variável mais significativa na redução do tamanho das partículas ($R^2=0,965$). Análises de infravermelho sugeriram eficiente encapsulação do OEO nos CLN. Nanossistemas funcionalizados com colesterol (0,05-0,2%), pluronic (0,5-2%) e polietilenoglicol (0,5-2%) apresentaram estabilidade físico-química durante 120 dias sob armazenamento a 25 e 4 °C. Portanto, CLN funcionalizados, estáveis e homogêneos foram produzidos com características promissoras para possível aplicação terapêutica contra o câncer de mama.

Palavras-chaves: Nanotecnologia. Carreadores lipídicos nanoestruturados. Câncer. Óleos naturais. Óleo de orégano.

1 anaflaviauchoauf@gmail.com

2 lucas.medeiros2@academico.ufpb.br; pedrohenricke13@gmail.com; karllsamara@yahoo.com

3 fhxj@academico.ufpb.br; Desenvolvimento, caracterização e funcionalização de nanossistemas biodegradáveis contendo produtos naturais com potencial aplicação no tratamento do câncer; UFPB/Propesq; pesquisa@propesq.ufpb.br

Apresentação

O câncer é um dos principais problemas de saúde pública no mundo, uma vez que se encontra entre as quatro principais causas de morte de indivíduos com menos de 70 anos em diversos países (Siegel et al., 2020). É uma doença heterogênea, cuja prevalência e desfecho variam de acordo com a genética individual, sendo necessário que ocorra o acúmulo de mutações celulares para seu surgimento (Al Saqr et al., 2021; Berko; Funmilola; Akala, 2021). Dentre os tipos de câncer, o de mama se destaca como a principal causa de morte por câncer em todo o mundo, sendo mais prevalente no sexo feminino (Sung et al., 2021; INCA, 2023).

Para o ano de 2022, foram estimados 66.280 novos casos, representando 43,74 casos a cada 100.000 mulheres, sendo também a primeira causa de morte por câncer em mulheres em todas as regiões, exceto no Norte (INCA, 2023). Apesar de muito comum, ainda são encontrados inúmeros desafios durante seu tratamento, principalmente pela sua propriedade heterogênea no tocante a suas causas, e de uma rápida progressão e desenvolvimento de metástases (Gadag et al., 2020; Al Saqr et al., 2021; Berko; Funmilola; Akala, 2021).

Atualmente, os principais medicamentos utilizados para o tratamento do câncer são os antineoplásicos, que possuem alta toxicidade, decorrente de sua baixa especificidade pelas células tumorais, causando efeitos negativos também nas células saudáveis. O tratamento também varia de acordo com o tipo e a gravidade da doença, podendo ser tratado por cirurgia, radioterapia ou quimioterapia. Entretanto, devido ao aparecimento de diversos efeitos colaterais graves em órgãos secundários, a eficácia clínica desses fármacos ainda é limitada (Rodrigues et al., 2021).

Por essa razão, o uso de plantas medicinais e sua aplicação como tratamento alternativo e/ou adjuvantes terapêuticos de diversas doenças têm sido extensivamente relatados nas últimas décadas. Com o desenvolvimento da ciência, pesquisas sobre atividades biológicas das substâncias que compõem os extratos de plantas medicinais, ou de óleos extraídos delas, têm revelado uma variedade de princípios ativos capazes de atuar contra diversas doenças (Malmir et al., 2018; Engelberg et al., 2021), a fim de desenvolver tratamentos mais eficazes e menos agressivos, criando abordagens de pesquisas para o desenvolvimento de novos medicamentos com eficiência superior. Um exemplo de produto natural passível de utilização como agente bioativo e/ou adjuvante terapêutico é o óleo essencial de orégano (OEO) (Pontes-Quero et al., 2021).

No entanto, ainda que produtos naturais apresentem potenciais aplicações terapêuticas, estes também apresentam dificuldades físico-químicas de solubilidade e biodistribuição em fluidos biológicos, além de que, quando administrados, podem provocar efeitos colaterais tóxicos em tecidos periféricos. Diante disto, e tomando-se em conta a complexidade dos tumores, nas últimas décadas tem surgido um emergente interesse no estudo de mecanismos capazes de vetorizar moléculas bioativas para tecidos neoplásicos de forma mais eficaz (Babayee Abdollahi et al., 2020; Ombredane et al., 2021).

Sendo assim, a nanotecnologia tem sido amplamente utilizada, onde a produção de nanopartículas, como os carreadores lipídicos nanoestruturados (CLN), é considerada uma estratégia promissora para o tratamento de diversas doenças, inclusive câncer, devido a sua toxicidade reduzida e altas taxas de estabilidade, eficácia, especificidade e tolerabilidade, em comparação aos fármacos quimioterápicos convencionais (Mosleh-Shirazi et al., 2022). Com isso, tornam-se ótimos veículos de entrega, por serem capazes de aumentar significativamente a solubilidade e a biodisponibilidade dos ativos nos fluidos biológicos, facilitando a captação do fármaco pelas células e a penetração através das barreiras biológicas (Di Stefano, 2023).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, otimizar e funcionalizar um sistema nanotecnológico estável e biodegradável, capaz de transportar moléculas naturais biologicamente ativas para potencial aplicação contra células de câncer de mama. Para tanto, a perspectiva de trabalho esteve na encapsulação de óleo de orégano em CLN com características físico-químicas otimizadas, com capacidade de melhorar a segurança e efetividade terapêutica para futuras aplicações em tratamento antitumoral.

Fundamentação Teórica

Câncer de mama

O câncer é uma denominação referente ao crescimento desordenado de células, podendo comprometer tecidos próximos ou órgãos distantes, processo denominado de metástase. Estas células têm como característica um comportamento agressivo e sem controle, bem como uma rápida multiplicação, o que contribui para o desenvolvimento de tumores (INCA, 2020). Entre os vários tipos de cânceres existentes, destaca-se o câncer de mama, que é uma das neoplasias mais comuns e mais prevalentes em todo o mundo, sendo uma das principais causas de mortalidade e morbidade em mulheres (Siegel et al., 2021). O câncer de mama pode acometer homens e mulheres, porém em relação ao sexo masculino, é raro, representando aproximadamente 1% de cânceres que ocorrem em homens (Chen et al., 2020).

A alta incidência de câncer de mama nos países subdesenvolvidos está relacionada a uma baixa conscientização da população associada a um baixo rastreamento da doença, levando a um diagnóstico tardio. Sua identificação precoce contribui para um tratamento eficaz, aumentando sua taxa de cura (Kashyap et al., 2022). Estudos mostram que o câncer de mama está ligado ao perfil genético, epigenético ou transcricional de pacientes. Essa heterogeneidade da doença influencia no tratamento, precisão e sensibilidade das tecnologias de identificação atuais. O auto rastreamento e conscientização da doença são abordagens eficazes para prevenção e novas alternativas de tratamento vêm sendo documentadas (Kashyap et al., 2022). Atualmente, a quimioterapia é o tratamento mais indicado, principalmente para prevenção da recorrência e metástase (Tagde et al., 2022; Kashyap et al., 2022).

Óleo de orégano e atividade anticancerígena

Há, ao redor do mundo, muitas espécies designadas pelo nome de orégano, sendo em sua maioria pertencentes aos gêneros *Origanum* (família: *Lamiaceae*) e *Lippia* (família: *Verbenaceae*). Dentre as principais espécies do gênero *Origanum*, destacam-se: *O. vulgare* L., *O. viride* e *O. Virens*, presentes na região mediterrânea. O carvacrol e o timol são os principais compostos fenólicos monoterpênicos voláteis dessa planta, constituindo cerca de 78-85% de seus óleos essenciais (Rathod et al., 2021) e garantindo a eles diversas atividades biológicas, incluindo antioxidante (Capatina et al., 2021), antineoplásica (Balusamy et al., 2018; Sampaio et al., 2021), antinociceptiva (Moghrovyyan et al., 2019) e anti-inflamatória (Avola et al., 2020).

Kubatka et al. (2017) sinalizou que o OEO tem um efeito supressor de tumor para modelos de câncer de mama, demonstrando, ainda, a redução da frequência, incidência e volume do tumor, em mais de 40%, em comparação com animais de controle. Recentemente, estudos relataram a produção de diversas nanopartículas associadas a este óleo. Perumalsamy et al. (2022) estudaram estratégias de produção de nanoemulsões e encapsulamento do OEO a fim de aumentar a morte celular de células tumorais em câncer de próstata. Por outro lado, Kamel et al., (2017) formularam nanopartículas lipídicas sólidas contendo OEO revestidas com quitosana com o objetivo de aumentar a citotoxicidade de 5-fluorouracil para câncer colorretal.

Carreadores lipídicos nanoestruturados

A nanotecnologia é uma área em ascensão, que se destaca pela entrega controlada de biomoléculas através de nanopartículas, que são sistemas coloidais com tamanho entre 10 e 1000 nanômetros (Dang; Guan, 2020). As nanopartículas podem, então, ser utilizadas para entrega ativa ou passiva de compostos bioativos ou fármacos anticancerígenos às células tumorais. Suas vantagens vão desde o desenvolvimento de partículas com diversos tamanhos na escala nanométrica, até sua capacidade de serem produzidas a partir de várias substâncias, como lipídios (p. ex. CLN, nanopartículas lipídicas sólidas, lipossomas), polímeros (p. ex. nanocápsulas e nanoesferas poliméricas) e materiais inorgânicos (p. ex. nanopartículas de ouro, de ferro e de prata) (Hamimed, 2022).

Os CLN são produzidos usando um lipídio sólido, um lipídio líquido e um tensoativo lipofílico, com dispersão aquosa em um surfactante hidrofílico (Rodrigues et al., 2021; Chauhan et al., 2020). Os materiais escolhidos são muito importantes para estabilidade e eficiência deste sistema, visto que existe uma variedade de lipídios, naturais ou sintéticos, que podem ser utilizados, a exemplo de ceras, triglicerídeos, ácidos graxos e óleos essenciais (Jaiswal et al., 2016), dos quais suas estruturas afetarão diversos parâmetros, como o tamanho das partículas, carga de superfície e estabilidade. Nestes sistemas, os tensoativos são responsáveis por diminuir a tensão entre a fase lipídica e aquosa, representando um papel importante não somente sobre reações de toxicidade dos produtos, mas também na eficácia das formulações, visto que promovem uma maior estabilidade e permeabilidade do princípio ativo (Rodrigues et al., 2021; Chauhan et al., 2020; Wang et al., 2022).

Dentre os diversos nanossistemas, os CLN possuem algumas vantagens terapêuticas e tecnológicas, incluindo maior solubilidade, melhor estabilidade de armazenamento, melhor permeabilidade e biodisponibilidade, além de redução de reações adversas, decorrente da sua composição biocompatível (Gomaa et al., 2022; Moraes et al., 2021). Tais ações se devem também ao seu diâmetro reduzido, que favorece a adsorção na superfície celular, promovendo um aumento do gradiente de concentração e, conseqüentemente, o transporte de substâncias biologicamente ativas para os tecidos, melhorando a farmacocinética, farmacodinâmica e reduzindo a toxicidade (Patel, 2011). Ainda, apresentam também vantagens frente às nanopartículas lipídicas sólidas, por seus desafios de estabilidade e baixa capacidade de carrear moléculas ativas, graças a presença de um lipídio líquido, que produz um arranjo menos ordenado, evitando o extravasamento dos fármacos (Thiruchenthooran et al., 2022).

Além disso, esses nanossistemas podem ser modificados, depois de produzidos ou durante sua produção, a fim de induzir modulações em suas características físico-químicas ou alterar seus perfis de imunogenicidade, biodisponibilidade e interação celular. Um exemplo é o revestimento com quitosana para garantir mucoadesão às nanopartículas (Valencia et al., 2021). Hakeen e colaboradores (2021) desenvolveram um estudo utilizando CLN no tratamento do câncer de mama, em uma linhagem MCF-7, onde foi utilizado o método de homogeneização de alta pressão no preparo das partículas contendo Imatinib, um inibidor de tirosina quinase. Os resultados obtidos apontaram um aumento de 8,75 vezes da efetividade do sistema otimizado, quando comparado a molécula de Imatinib isolada. Outro estudo proposto por Felimban e colaboradores (2022) desenvolveram CLN contendo pitavastatina juntamente ao óleo essencial da folha de *Pinus densiflora*, o qual possui propriedades antineoplásicas. Os nanossistemas demonstram um efeito sinérgico entre o óleo e a pitavastatina frente às células cancerígenas, ressaltando ainda mais a eficácia desse tipo de nanopartícula na vetorização de moléculas no tratamento antitumoral.

Metodologia

Produção dos CLN contendo OEO

CLN foram produzidos através da técnica de emulsão a quente seguida de sonicação ultrassônica, no Laboratório de Biotecnologia Farmacêutica (BioTecFarm) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Foi utilizado o diestearato de glicerila (Precirol[®] ATO 5) como lipídio sólido (1, 5 e 7%), e o óleo essencial de orégano como lipídio líquido (1, 5 e 9%). Lecitina de soja (Lipoid[®] S-100), Span[®] 60 e Kolliphor[®] ELP foram testados como tensoativos lipofílicos (1%) e Tween 80[®] foi mantido como tensoativo hidrofílico (1, 3 e 5%). O processo foi realizado em etapa única, sem separação ou inversão de fases, a fim de garantir maior agilidade e praticidade. Os constituintes das formulações foram pesados, o volume final ajustado, seguido do aquecimento a 55 ± 5 °C sob agitação magnética 500 rpm até completa homogeneização e consequente formação da pré-emulsão. Por fim, as partículas formadas foram reduzidas à escala nanométrica sob agitação em sonificador de ponteira ultrassônica por 90 segundos, com potência de 60 W.

Estudos de pré-formulação

A fim de escolher o tensoativo lipofílico que melhor interagisse com os componentes das formulações e, conseqüentemente, garantisse uma melhor compactação dos núcleos oleosos e estabilização dos nanossistemas, inicialmente foram realizados testes de pré-formulação com Lipoid[®] S-100, Kolliphor[®] ELP e Span[®] 60 usados a 1% (**Tabela 1**). CLN foram produzidos conforme descrito anteriormente, formando três padrões de formulações, com concentrações fixas do tensoativo hidrofílico (Tween[®] 80, 5%) e diferentes concentrações dos componentes lipídicos, OEO (2-9%) e Precirol[®] ATO 5 (1-7%), para avaliar o efeito dos componentes na formulação final.

Otimização do nanossistema

O planejamento experimental do tipo Box-Behnken foi utilizado para otimizar a produção de CLN. Foram produzidas 15 formulações com diferentes concentrações, sendo as concentrações de lipídio sólido (Precirol[®] ATO 5, 1-7%), lipídio líquido (OEO, 1-9%) e tensoativo hidrofílico (Tween[®] 80, 1-5%) utilizadas como variáveis independentes, enquanto o diâmetro hidrodinâmico médio das partículas foi a variável dependente. A concentração do tensoativo lipofílico escolhido (Span[®] 60) permaneceu constante (1%), e CLN foram produzidos como descrito anteriormente. Por fim, toda a análise e construção de diagramas e gráficos 3D para representação da influência das variáveis independentes no aumento ou diminuição do tamanho das partículas foram, então, realizadas utilizando o software *Statistica*[®].

Funcionalizações dos CLN

O nanossistema otimizado, que apresentou o melhor tamanho e potencial zeta dentre os demais produzidos através do planejamento experimental, teve, então, sua superfície revestida com alguns componentes biocompatíveis, a fim de modificar suas características físico-químicas e melhorar interações com as células-alvo. Para tanto, diferentes concentrações de Pluronic[®] F-68 (PLU), polietilenoglicol (PEG) (0,5-2%), quitosana (QUI) e colesterol (COL) (0,05-0,2%) foram usadas na produção dos CLN funcionalizados. Após a produção, as formulações foram armazenadas a 4°C para futuras análises.

Caracterização dos CLN

- *Análise do tamanho de partícula*

O diâmetro hidrodinâmico e a distribuição do tamanho das partículas dos nanossistemas foram determinados pelo espalhamento dinâmico de luz (DLS - *Dynamic Light Scattering*), usando Zetasizer Lab (Malvern Instruments Ltd, Worcestershire, RU) a 25°C. O ângulo de dispersão foi fixado em 90 graus e as amostras diluídas a uma razão de 1:100 com água Milli- Q[®] antes da análise. Os resultados analisados em triplicatas foram expressos como diâmetro hidrodinâmico médio (distribuição de tamanho) e índice de polidispersão (PDI).

- *Análise do potencial zeta*

A medida do potencial zeta foi realizada no Zetasizer Lab (Malvern Instruments Ltd, Worcestershire, RU) a 25°C, sendo as amostras diluídas (1:100) em solução salina (NaCl, 1 mM), para manter uma força iônica constante. Todos os resultados correspondem à média de três determinações.

- *Infravermelho com transformada de Fourier*

Os espectros de infravermelho do OEO, de todos os demais componentes e da formulação final otimizada foram registrados através do espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier com reflexão total atenuada (FTIR-ATR, Shimadzu Cary 630). Os dados foram coletados na região de 4000 a 400 cm⁻¹, na resolução 8cm⁻¹, 64 varreduras a 25 °C.

Estabilidade dos nanossistemas

A formulação otimizada e as funcionalizadas foram submetidas a análises de estabilidade de longo prazo sob temperatura controlada. Para tanto, CLN foram armazenados em frascos hermeticamente fechados e avaliados durante um período de 120 dias a 4, 25 e 37 °C, quanto aos seus tamanhos, índice de polidispersão e potencial zeta.

Análise estatística

Todos os testes foram realizados em triplicata e os resultados são expressos como média ± desvio padrão. Os resultados dos experimentos do delineamento experimental foram comparados por meio de análise de variância (ANOVA), permitindo a determinação da significância das variáveis e interações entre elas. Foram utilizados modelos de regressão, testes *t* e testes F, sendo considerado um valor de $p < 0,05$ como estatisticamente significativo. Os softwares *Graph Pad Prism*[®] 8.0.2 (California, EUA) e *Statistica*[®] 10 (StatSoft, Inc., EUA) foram utilizados para análise de dados.

Resultados e discussão

Estudos de pré-formulação

Inicialmente, três diferentes formulações de CLN foram produzidas, a fim de verificar qual o tensoativo lipofílico mais adequado, visto que o tipo e a concentração do tensoativo utilizado impactam na formação da emulsão inicial e na consequente redução de tamanho das partículas (Mura et al., 2021). A Tabela 1 apresenta os parâmetros físico-químicos dos CLN produzidos com diferentes tensoativos lipofílicos e concentrações de lipídeos. CLN estabilizados por Lipoid® S-100 possuíram aspecto macroscópico branco, porém levemente floculado e com pouco reflexo azulado, que seria característico de colóides em escala nanométrica. Já quando usado Kolliphor® ELP ou Span® 60, as formulações produzidas foram homogêneas, com aspecto branco, leitoso e um forte reflexo azulado, sugerindo menores tamanhos de partícula (Figura 1).

Tabela 1 – Tamanho médio, índice de polidispersão e potencial zeta das formulações produzidas com diferentes concentrações de tensoativos lipofílicos (Lipoid® S-100 (-L), Kolliphor® ELP (-K) e Span® 60 (-S)).

Amostra	OEO (%)	Precirol® (%)	Lipoid® S-100 (%)	Kolliphor® ELP (%)	Span® 60 (%)	Tamanho (nm)	PdI	Potencial Zeta (mV)
PF01-L	2	1	1	-	-	273,4±19,7	0,41±0,03	-21,2±1,1
PF01-K	2	1	-	1	-	173,5±0,5	0,15±0,01	-18,0±0,6
PF01-S	2	1	-	-	1	114,7±0,9	0,25±0,01	-23,6±0,8
PF02-L	5	4	1	-	-	288,6±6,2	0,40±0,08	-36,2±0,2
PF02-K	5	4	-	1	-	224,4±2,8	0,24±0,01	-20,2±0,1
PF02-S	5	4	-	-	1	207,6±5,1	0,25±0,01	-22,4±0,7
PF03-L	9	7	1	-	-	310,0±3,6	0,35±0,02	-28,5±0,8
PF03-K	9	7	-	1	-	300,2±1,0	0,33±0,01	-23,5±0,4
PF03-S	9	7	-	-	1	283,2±1,9	0,24±0,01	-30,3±0,5

Fonte: Próprio autor, 2023.

Figura 1 – Aspecto macroscópico de CLN estabilizados por Span® 60



Fonte: Próprio autor, 2023.

Todos os CLN produzidos apresentaram partículas menores que 310 nm, sendo que o aumento dos componentes lipídicos tende a provocar o aumento dos tamanhos das partículas. Segundo Danaei et al. (2018), o tamanho das partículas é o principal atributo físico-químico que influencia a captação celular dependente da endocitose, e, como a vasculatura tumoral é muito diferente daquela dos tecidos normais, carreadores de até cerca de 200 nm são ideais para a entrega passiva de ativos e manutenção de sua acumulação e retenção no tecido tumoral.

Quanto ao PDI, apenas nanossistemas estabilizados por Span® 60 se mostraram adequados para entrega de moléculas bioativas através de sistemas lipídicos, com valores de até 0,25. Valores de PDI abaixo de 0,3 representam sistemas homogêneos monodispersos (Danaei et al., 2018; Tazehjani; Farahpour; Hamishehkar, 2021). Por fim, o potencial zeta, que representa o grau de repulsão entre as partículas carregadas na dispersão foi, no geral, satisfatório para todas as formulações, já que, quanto mais carregadas forem as partículas ($>|20|$ mV), menor a probabilidade de agregação e de aumento do tamanho das partículas, devido à repulsão elétrica (Xiong; Liu; Xiong, 2021).

Dessa forma, optou-se por otimizar a produção de CLN contendo Span® 60 como tensoativo lipofílico, uma vez que, em comparação com os demais, este gerou partículas com menores tamanhos e sistemas com melhores índices de polidispersão e potencial zeta, possivelmente devido a uma melhor interação química entre ele e os componentes lipídicos, promovendo uma maior encapsulação do OEO e compactação do lipídio sólido.

Otimização dos nanossistemas

Após escolha do tensoativo lipofílico mais adequado para os CLN, foi desenvolvido um planejamento experimental do tipo Box-Behnken, com 15 formulações totais, a fim de obter uma formulação otimizada, com tamanho de partícula reduzido e boa estabilidade, homogeneidade e capacidade de veicular OEO. Todas as 15 combinações produzidas geraram nanossistemas com aspecto macroscópico branco, leitoso e de reflexo azulado, característico de coloides em escala nanométrica (Figura 1), além de tamanhos, PDI e potencial zeta adequados para a entrega direcionada de ativos a tumores, assim como visto por Danaei et al. (2018) e Subramaniam; Siddik; Nagoor (2020). A faixa encontrada de diâmetro hidrodinâmico das partículas variou de 88,1 a 323 nm, com valor médio de PDI de 0,26 e potenciais zeta >-20 mV (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Tamanho médio, índice de polidispersão e potencial zeta encontrados para cada uma das formulações produzidas, através do planejamento experimental, usando Span® 60 (1%) como tensoativo lipofílico.

CLN	Variáveis			Tamanho (nm)	PdI	Potencial Zeta (mv)
	Óleo de orégano (%)	Precirol® (%)	Tween® 80 (%)			
1	5	1	1	219,8	0,24	-36,0
2	5	4	3	248,3	0,23	-27,5
3	5	1	5	207,6	0,25	-22,4
4	9	4	5	283,2	0,24	-30,3
5	9	4	1	333,3	0,10	-34,8
6	1	4	5	108,9	0,24	-18,1
7	5	4	3	240,0	0,24	-27,7
8	1	1	3	88,1	0,30	-19,3
9	1	7	3	308,9	0,47	-24,1
10	9	1	3	262,7	0,24	-38,8
11	5	7	5	251,4	0,47	-20,4
12	1	4	1	262,7	0,49	-11,1
13	5	7	1	566,9	0,21	-24,2
14	5	4	3	250,4	0,22	-31,6
15	9	7	3	289,3	0,05	-28,3

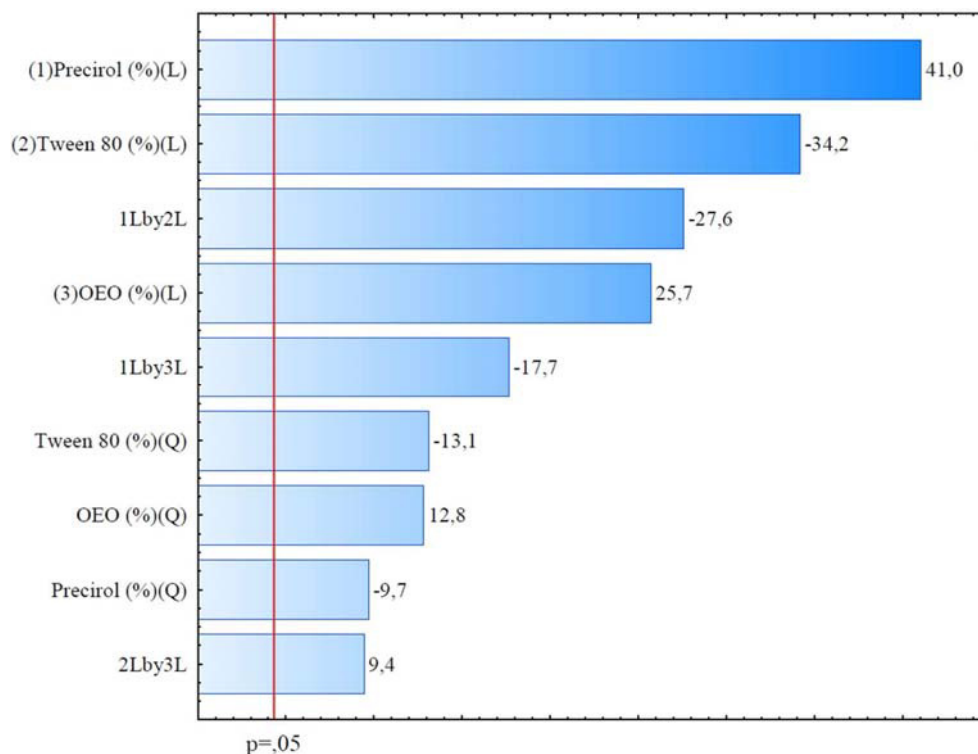
Fonte: Próprio autor, 2023.

Com o intuito de determinar a significância das variáveis e suas interações no planejamento executado, foi realizada uma análise de variância (ANOVA), na qual o coeficiente de determinação (R^2) para a análise de tamanho foi de 0,9654, sendo considerado estatisticamente significativo, já que está mais próximo de 1, o que demonstra boa correlação entre os modelos de interações linear e quadrático e os CLN produzidos. Além disso, para estimar de que forma e em qual intensidade cada variável interfere no tamanho das partículas, foram produzidos o diagrama de Pareto (**Figura 2**), dos gráficos de limites de confiabilidade (**Figura 3**) e de superfície de resposta (**Figura 4**), analisando tanto a influência das variáveis isoladamente, quanto das suas interações entre si.

No diagrama de Pareto, o comprimento de cada barra indica o efeito padronizado da variável – ou da interação entre duas variáveis – e sua correspondência na resposta, enquanto os sinais de cada variável, à direita das barras, podem indicar efeito favorável ou não à resposta esperada. Se o valor for positivo, a variável contribui com o aumento do tamanho da partícula, enquanto, se for negativa, contribui com sua diminuição. Já as letras “Q” e “L” representam os comportamentos quadrático e linear das variáveis, respectivamente. Assim, é possível observar que todas as três variáveis – OEO, Tween® 80 e Precirol® ATO 5 – são significativas, tanto no plano quadrático como no linear, ou seja, apresentam efeito direto no tamanho médio das partículas que foram obtidas. Por um lado, as variáveis ou suas interações que mais influenciaram na diminuição do parâmetro analisado foram: Tween® 80, a interação Precirol® - Tween® 80 e a interação OEO-Precirol®,

todas linearmente. Por outro lado, as que mais influenciaram no aumento das partículas foram Precirol[®] e OEO.

Figura 2 – Diagrama de Pareto obtido na otimização da produção dos CLN.



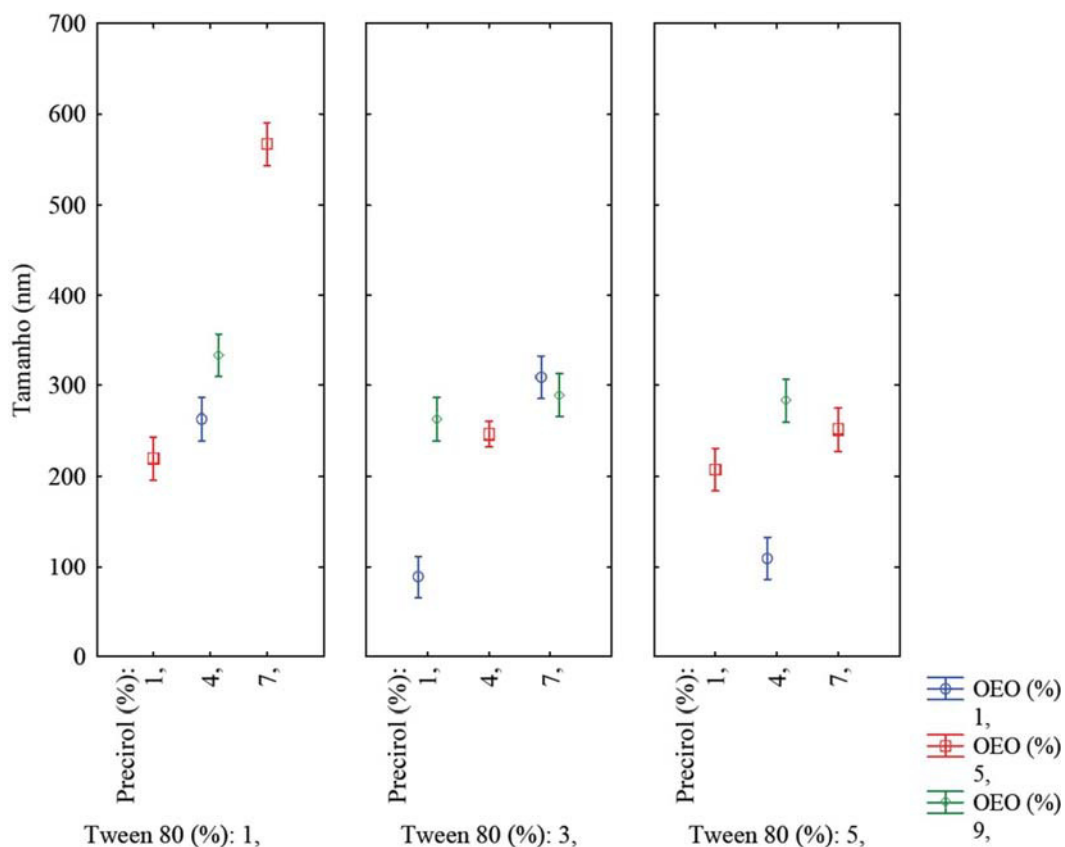
Fonte: Próprio autor, 2023.

A variável que apresentou o maior efeito sobre o parâmetro de tamanho, como exposto no diagrama, foi o lipídio sólido Precirol[®] ATO 5. Neste estudo, à medida que sua concentração aumentou nos sistemas, o diâmetro das partículas também aumentou, culminando na formação de nanossistemas menos homogêneos, possivelmente pela incapacidade de compactação total do sólido pelos componentes líquidos e oleosos (Trivino et al., 2019; Espinosa-Olivares et al., 2020). Maiores concentrações de OEO também pareceram contribuir negativamente, possivelmente por saturar o sistema, impossibilitando sua encapsulação completa.

Por outro lado, a diminuição do tamanho das partículas foi induzida principalmente pelo aumento da concentração do tensoativo hidrofílico Tween[®] 80, o que corrobora com o descrito no estudo de Silva e colaboradores (2021), onde a presença do tensoativo em qualquer coloide, além de indispensável, contribui com a formação de um sistema disperso estável, diminuindo significativamente o tamanho das partículas.

Já a representação dos limites de confiabilidade expõe a interação entre as três variáveis e sua influência no tamanho das partículas (**Figura 3**). É possível observar que, à medida que a concentração de Tween[®] 80 aumenta, torna-se possível variar, em uma faixa mais ampla, a concentração do lipídio sólido, visto que, em sua menor concentração (1%), há grande disparidade entre os diâmetros obtidos ao alterar a proporção de Precirol[®], fato que não é observado quando Tween[®] 80 está em 5%, gerando nanossistemas de tamanhos semelhantes. Isso ressalta, mais uma vez, a importância do tensoativo hidrofílico na manutenção do tamanho e consequente homogeneidade do sistema, como descrito anteriormente.

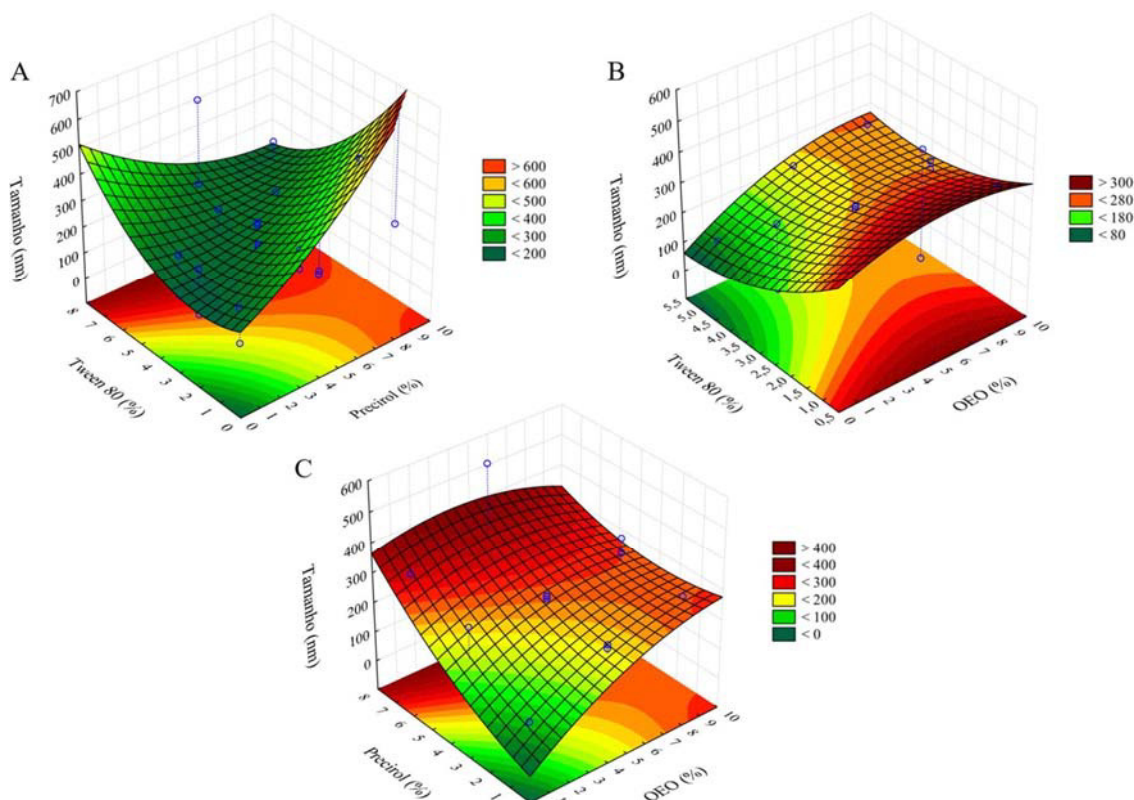
Figura 3 – Médias marginais e limites de confiabilidade das variáveis independentes usadas no planejamento experimental.



Fonte: Próprio autor, 2023

Além disso, os gráficos de superfície de resposta (**Figura 4**) também foram produzidos a fim de confirmar as teorias propostas acerca das interações entre os componentes e suas influências no tamanho. As figuras 4A e B, que representam a interação do Precirol® e do OEO, respectivamente, com o Tween 80®, demonstram menores tamanhos de partícula quando o tensoativo está em maiores quantidades. Apesar disso, a interação Tween-OEO parece ser mais sensível a variações, pois mesmo em concentrações mínimas de óleo, o tensoativo ultrapassar a faixa de 2% para estabilizar o sistema. Já a figura 4C representa a interação entre os lipídios, que parece ser favorável até uma concentração de cerca de 4% de cada um.

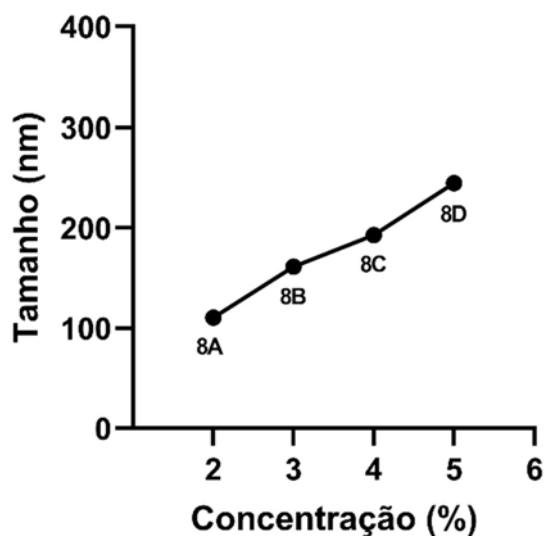
Figura 4 – Superfície de resposta das variáveis independentes em função do tamanho das partículas.



Fonte: Próprio autor, 2023

Conforme exposto, a formulação que apresentou menor tamanho de partícula foi composta por 1% OEO, 1% Precirol®, 3% Tween 80® e 1% Span® 60. Entretanto, paralelamente ao pequeno diâmetro hidrodinâmico de suas partículas (88,1 nm), havia também uma menor quantidade de óleo encapsulado, o que provocou a produção de mais quatro sistemas semelhantes em torno das condições otimizadas (8-A, B, C e D), mas que contassem com gradativos aumentos na concentração de óleo (2, 3, 4 e 5%) respectivamente, uma vez que este seria o componente bioativo e de maior importância dos CLN. Como resultado, foram produzidos sistemas ainda homogêneos com tamanhos de partícula entre 110,6 – 244 nm, PdI 0,24 – 0,28 e potencial zeta de -23,6 – -33,0 mV (Figura 5). Como esperado, conforme aumentou-se a concentração de OEO sem alterar os outros componentes da formulação, houve aumento do tamanho das partículas, de acordo com o exposto e discutido através dos gráficos de superfície de resposta.

Figura 5 –Tamanho de partícula decorrente do aumento das concentrações de OEO.



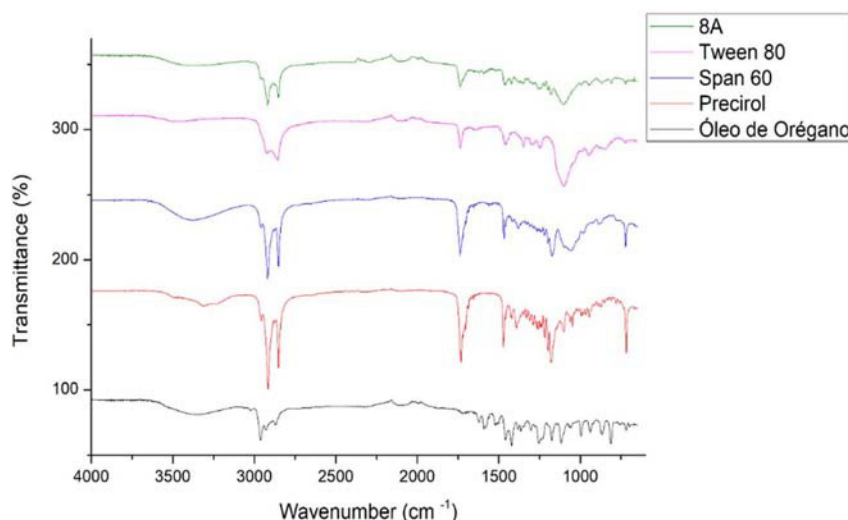
Fonte: Próprio autor, 2023

Portanto, como o objetivo final dos testes era escolher formulações com tamanhos mínimos, optou-se por dar continuidade ao estudo com a formulação otimizada 8A, que possuía 2% OEO, com um tamanho médio de $110,6 \pm 1,9$ nm, PdI de $0,26 \pm 0,01$ e ζ de $-23,6 \pm 0,8$ mV, apresentando-se dentro dos padrões de qualidade esperados (baixo tamanho, PdI em torno de 0,25 e $\zeta > |20|$ mV).

Espectroscopia de infravermelho

Os espectros de infravermelho foram realizados para confirmação química dos componentes utilizados e das formulações produzidas. O óleo de orégano mostrou uma banda larga em ~ 3400 cm^{-1} que corresponde à vibração de estiramento O-H. As três bandas presentes entre 2.800 e 2.980 cm^{-1} foram atribuídas à vibração de estiramento C-H, provenientes de grupos alifáticos CH_2 -, devido à presença de deformações angulares em ~ 1450 cm^{-1} . Ainda entre 1000 cm^{-1} e 1600 cm^{-1} , é possível destacar várias bandas atribuídas à vibração dos estiramentos C-H e C-O-H. Já na região de impressão digital (900 – 1200 cm^{-1}), aparecem os picos que confirmam a presença de carvacrol e timol, seus principais constituintes voláteis, assim como foi encontrado por Valderrama et al. (2017) e Yoncheva et al. (2021). Já o espectro da formulação otimizada foi caracterizado principalmente pela supressão de algumas das principais bandas do OEO (~ 1500 , 1600 , 1250 , 1000 e 600), sugerindo encapsulação do óleo na matriz do CLN.

Figura 8 – Espectro de infravermelho da formulação otimizada 8A.

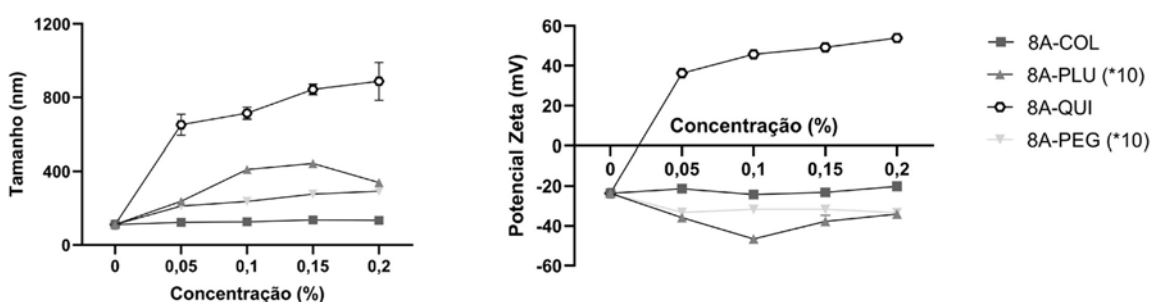


Fonte: Próprio autor, 2023

Funcionalização dos nanossistemas

A superfície da formulação otimizada foi funcionalizada com materiais biocompatíveis, a fim tanto de modular sua interação com as células alvo, quanto melhorar seus parâmetros físico-químicos e estabilidade. Assim, as funcionalizações ocorreram em quatro concentrações diferentes, de modo a avaliar o efeito do aumento destas no tamanho das partículas (Figura 6). Colesterol (8A-COL) e quitosana (8A-QUI) foram adicionados aos componentes da formulação nas concentrações de 0,05, 0,1, 0,15 e 0,2%, sendo a quitosana um substituinte do Tween[®] 80, atuando como tensoativo hidrofílico. O mesmo foi feito com Pluronic[®] (8A-PLU) e PEG (8A-PEG), porém, em maiores concentrações (0,5, 1, 1,5 e 2%).

Figura 6 - Impacto das concentrações dos componentes funcionalizantes no tamanho e potencial zeta dos CLN.



Fonte: Próprio autor, 2024

Foi possível observar que 8A-QUI foi a funcionalização que induziu maior alteração de tamanho, promovendo um aumento significativo e diretamente proporcional à concentração

utilizada (651,1-887,3 nm). Tal efeito pode ser devido a uma falta de interação da quitosana com o OEO, que pode ter resultado no seu acúmulo fora das nanopartículas e, consequentemente, à sua agregação em partículas maiores. Isto ocorre através da formação de pontes de hidrogênio entre os grupamentos amina de sua estrutura, tornando o sistema menos homogêneo e mais instável, assim como discutido por Vinsova; Vavrikova (2008). A quitosana é um polissacarídeo catiônico biocompatível, biodegradável, mucoadesivo e não tóxico, que pode ser utilizada em nanossistemas para entrega de fármacos (Valencia et al., 2021). Neste estudo, ela foi utilizada tanto com o objetivo de aumentar as propriedades mucoadesivas dos CLN, pensando em futuras aplicações biológicas, visto que revestimentos poliméricos podem melhorar a biodisponibilidade oral de moléculas bioativas, como de estabilizar os sistemas, agindo como tensoativo (Jana et al., 2021). Além disso, o uso de quitosana melhora a absorção e estabilidade de CLN no trato gastrointestinal (Lang et al., 2020), bem como evita a liberação do fármaco encapsulado, aumentando a eficiência de encapsulação (Pyo et al., 2020).

A adição de Pluronic[®], por sua vez, também induziu um aumento de diâmetro, apesar de significativamente menor – pouco mais de 100 nm – indicando menor compactação do sistema frente ao CLN otimizado contendo Tween[®] 80. O Pluronic[®] induziu variações de tamanho entre 237,9 e 339,6 nm, bem como alterações significativas nos valores de PDI, os quais alcançaram 0,55, indicando um sistema mais polidisperso, assim como encontrado por Suhaimi; Hisam; Rosli (2015), possivelmente devido à uma menor compatibilidade com o tensoativo lipofílico da formulação (Kontogiannis et al., 2022) e menor capacidade de dispersão do óleo encapsulado (Sek et al., 2006). O Pluronic[®] F-68 é um polímero biocompatível, porém aniônico, que também pode ser utilizado com o objetivo de tensoativo alternativo para compactação dos sistemas, visando torná-los menores e mais estáveis, com maiores valores de potencial zeta e menor chance de agregação das partículas (Sun et al., 2017). As cadeias de PEG do Pluronic também fornecem um caráter furtivo aos nanocarreadores, o que pode ajudar a retardar sua eliminação da corrente sanguínea (Zhao et al., 2014).

A adição de colesterol tornou os sistemas ainda mais homogêneos do que o de origem, com PDI entre 0,21-0,23, além de não ter causado aumentos significativos de tamanho das partículas (122,9-133,3 nm). O colesterol foi inserido não somente no intuito de facilitar as interações com as bicamadas fosfolipídicas das células-alvo, com a consequente internalização do conteúdo encapsulado, como também na intenção de auxiliar na compactação do núcleo oleoso dos CLN, preenchendo os pequenos espaços presentes em sua matriz, tornando-a ainda mais desorganizada, o que formaria partículas menores e mais homogêneas (Chen et al., 2022; Kuo, 2014). Além disso, poderia aumentar a eficiência de encapsulação do óleo, por diminuir a fluidez lipídica dos CLN, proporcionando rigidez suficiente para evitar quaisquer extravasamentos (Ramalingam et al., 2015). Esse revestimento também seria capaz de aumentar a absorção celular e diminuir a proliferação de células cancerígenas (Abumanhal-Masarweh et al., 2019). Assim como discutido por Karn-Orachai (2014), o revestimento de colesterol em carreadores tende a diminuir o tamanho das partículas por melhorar a mistura lipídio sólido- óleo e manter a repulsão coloidal. Gardouh e colaboradores (2018) também mostraram o aumento da estabilidade coloidal e diminuição da agregação das partículas.

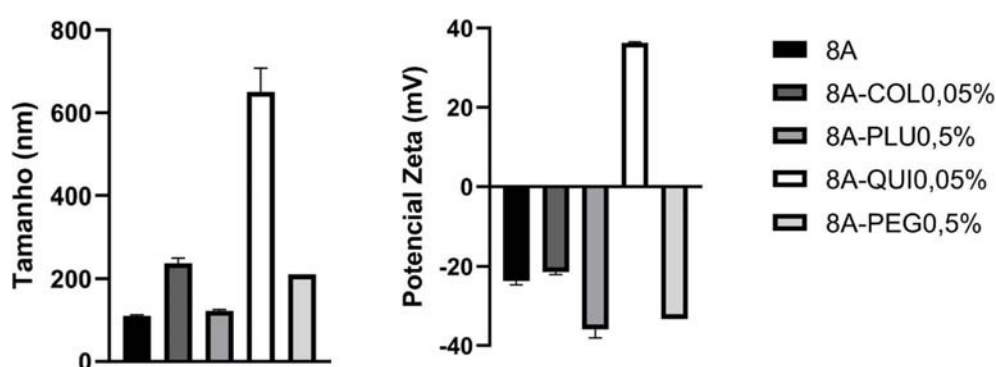
Por fim, o PEG, um polímero muito utilizado na nanomedicina, pode prolongar o tempo de circulação sanguínea e melhorar a eficácia de diversos medicamentos (HOANG THI, 2020). Essa PEGuilação pode impedir o reconhecimento das nanopartículas e sua eliminação pelo sistema imunológico inato, protegendo a superfície da agregação, opsonização e fagocitose, prolongando o tempo de circulação sistêmica e melhorando a eficiência de entrega do princípio ativo (SUK et al., 2016; Hu et al., 2020). As nanopartículas revestidas com este polímero também seguiram um padrão de aumento do

tamanho diretamente proporcional ao aumento de sua concentração (211,1 - 292,2 nm), enquanto o PDI aumentou consideravelmente (0,22 - 0,43), indicando menor homogeneidade de sistema.

Em relação ao potencial zeta, todos os nanossistemas demonstraram resultados satisfatórios, com valores superiores a $|20|$ mV (Figura 6B). 8A-QUI, por ser revestido por um material de composição química rica em amins (Kurczewska, 2023), apresentou carga positiva, variando de +36,3 a +53,9 mV. As demais funcionalizações apresentaram, por sua vez, resultados negativos, devido à riqueza de hidroxilas (OH⁻) das composições químicas de suas estruturas, com variação de -35,9 a -46,5 mV para Pluronic[®], -20,1 a -24,3 mV para colesterol e -31,6 a -33,4 mV para PEG.

A Figura 7 apresenta os parâmetros físico-químicos das formulações funcionalizadas, nas menores concentrações de cada componente funcionalizante (8A-COLO,05%, 8A-PLU0,5%, 8A-QUI0,05%, 8A-PEG0,5%).

Figura 7 – Variações de tamanho induzidas pelas diferentes funcionalizações.



Fonte: Próprio autor, 2023

Testes de estabilidade

A obtenção de nanossistemas com parâmetros previamente otimizados e que se mantenham estáveis ao longo do tempo é fundamental para a administração do princípio ativo de interesse garantindo sucesso na aplicação terapêutica para a finalidade pretendida. Os nanossistemas podem sofrer degradação química e física, podendo ocasionar uma eficácia reduzida devido a diminuição da qualidade da formulação (Figueiredo, 2021; Perrigue, 2021). No presente estudo, a formulação otimizada e formulações funcionalizadas com colesterol (0,1%), Pluronic (0,5%), quitosana (0,05%) e PEG (0,5%) foram avaliadas com relação ao tamanho, PDI e potencial zeta ao longo de 120 dias, em geladeira (4°C) (Figuras 9A e 9B), temperatura ambiente (25°C) (Figuras 9C e 9D) e estufa (37°C) (Figuras 9E e 9F).

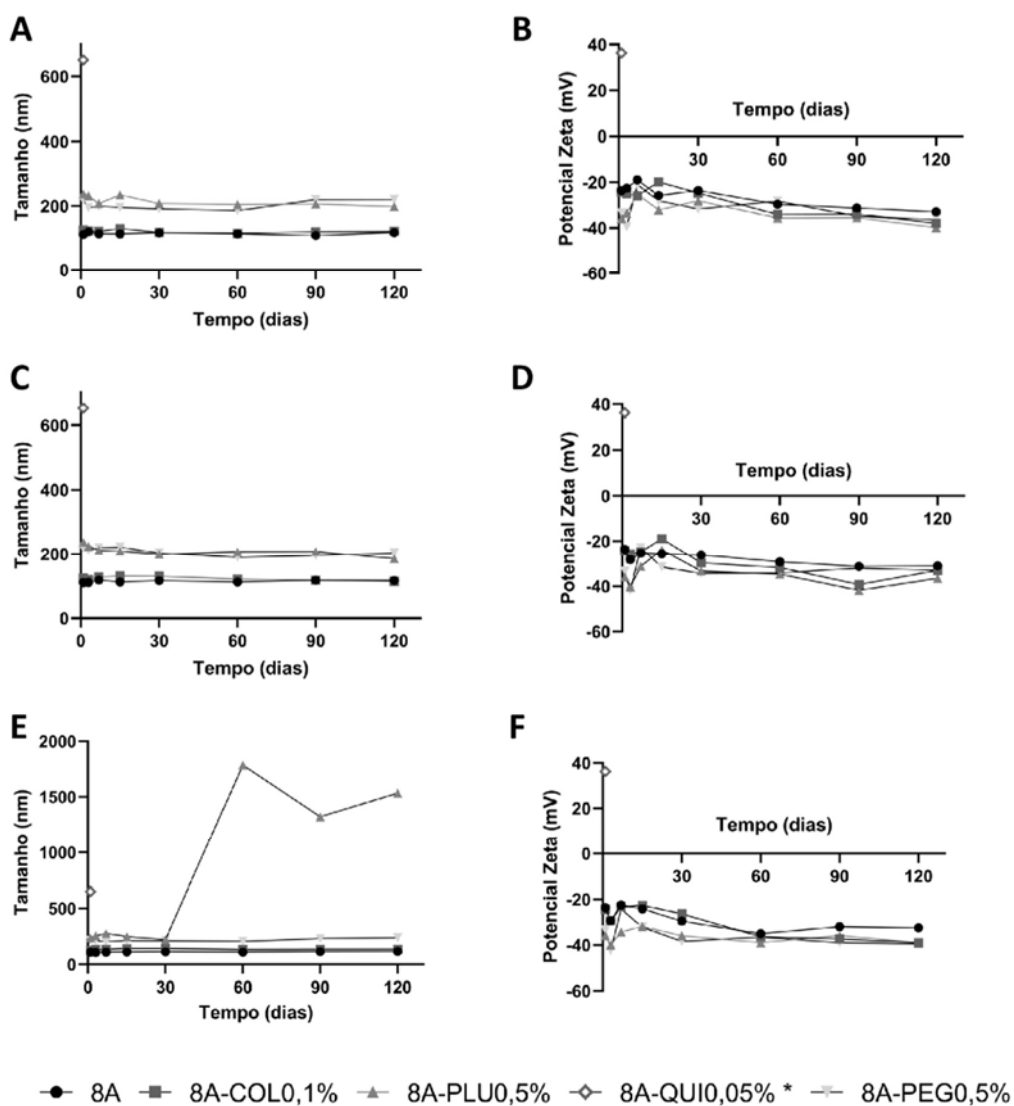
O nanossistema, quando funcionalizado com colesterol, apresentou variações mínimas de tamanho, PDI e potencial zeta, ao longo dos 120 dias de análise, para as três temperaturas avaliadas, não apresentando também alterações em seu aspecto macroscópico. Estudos demonstram que a concentração de colesterol empregada no sistema pode ser crítica e fundamental para o estabelecimento de uma melhora da estabilidade da camada lipídica e manutenção da estrutura íntegra desses sistemas durante um armazenamento a longo prazo, podendo a elevada concentração de colesterol aumentar a tendência desses sistemas em fundir-se durante o armazenamento, resultando em partículas maiores (Hu et al., 2015). Esses resultados podem enfatizar que as concentrações trabalhadas dos constituintes desta formulação foram as ideias para a obtenção de um sistema estável ao longo do tempo e em variáveis temperaturas.

As formulações funcionalizadas com Pluronic não sofreram alterações significativas no tamanho, PDI e potencial zeta ao longo do tempo em 4°C. O mesmo, entretanto, não foi observado para as amostras armazenadas a 25°C e 37°C, onde foi iniciado um processo de desestabilização a partir do terceiro dia de análise, demonstrando também alterações no aspecto macroscópico, o qual apresentou floculações e aderência do material lipídico ao recipiente de vidro. Variações no potencial zeta poderiam explicar a agregação dessas partículas por influenciarem na estabilidade do nanossistema, visto que, no terceiro dia de análise essas amostras apresentaram um ligeiro aumento do potencial de carga de superfície. Alguns estudos demonstraram que o aumento da concentração do Pluronic como surfactante pode influenciar na estabilidade da formulação, podendo as micelas não adsorvidas levar a um processo de floculação. As partículas funcionalizadas com Pluronic possuem maior valor de diâmetro médio, e esse aumento do tamanho produz partículas com menor potencial eletrocinético, pois este é diretamente proporcional à carga da unidade eletrocinética e decresce com o aumento do raio das partículas (Fayad, 2010).

O PEG é um composto bastante utilizado como agente de funcionalização, uma vez que proporciona uma boa estabilidade coloidal aos nanossistemas. As nanopartículas com PEG sobre as suas superfícies repelem umas às outras, o que impede que ocorra ligações entre as moléculas por razões de caráter estérico (Conde et al., 2014; Kanaras et al., 2002). As formulações funcionalizadas com PEG apresentaram ótimo tamanho de partículas e PDI para as três temperaturas analisadas, mantendo-se entre 217,5 e 241,1 nm, com PDI entre 0,25 e 0,31 aos 120 dias de análise da formulação. No entanto, após 15 dias de ensaio, as formulações armazenadas a 4°C começaram a apresentar mudanças no seu aspecto macroscópico, o mesmo acontecendo com as amostras armazenadas na estufa após 60 dias de análise. O PEG é a macromolécula mais utilizada para prolongar a meia-vida dos nanocarreadores e têm um forte efeito na estrutura, estabilização e biodistribuição das nanopartículas tanto *in vitro* como *in vivo* (Conde et al., 2014). Os resultados obtidos em nosso estudo demonstraram que este polímero agiu como um bom agente de funcionalização para o sistema otimizado, porém alguns fatores determinantes para manutenção da estabilidade desse sistema, como a interação entre os constituintes da formulação, podem ter sido afetados ao longo do tempo, fazendo com que surgissem alterações macroscópicas nessas amostras, mesmo sem o tamanho de partícula, PDI e potencial zeta terem sofrido alterações significativas.

Já a formulação funcionalizada com quitosana apresentou tamanho de partícula fora da faixa apresentada pelos nanossistemas funcionalizados com os outros constituintes, apresentando tamanho médio de 651,1 nm e seguiu com um gradativo aumento de tamanho ao longo dos dias. A síntese convencional de nanopartículas com quitosana muitas vezes leva à formação de partículas grandes ou agregados de partículas menores devido à natureza mucoadesiva da quitosana. As metodologias demonstradas na literatura para obtenção desses nanossistemas apresentam limitações, em particular, relacionadas ao controle do tamanho dessas nanopartículas, fatores como pH do meio, frações de grupamentos amino primário livres e concentração do soluto podem ser determinantes para a estabilidade e formação dessas nanopartículas (Masarudin et al., 2015). Sendo assim, é possível justificar a obtenção de nanossistemas funcionalizados com a quitosana com tamanho médio de 651,1 nm devido provável baixa interação entre os grupamentos químicos dos demais constituintes da formulação com a quitosana e a baixa estabilidade devido às características mucoadesivas da quitosana e sua fácil degradabilidade no meio o que está favorecendo a formação de agregados entre as nanopartículas menores formadas e os prováveis produtos de degradação da quitosana.

Figura 9 – Tamanho de partícula (A,C,E) e potencial zeta (B,D,F) das formulações quando submetidas a diferentes temperaturas de armazenamento 4 °C (A,B), 25°C (B,C) e 37°C (E,F) durante 120 dias. *As partículas funcionalizadas com quitosana apresentaram, com o passar dos dias, tamanhos médios fora da escala nanométrica, indicando instabilidade do sistema, e, portanto, não foi dada continuidade a suas análises.



Fonte: Próprio autor, 2024

Conclusão

CLN contendo OEO e estabilizados por Span[®] 60 foram produzidos através da técnica de emulsão a quente seguida de sonicação. Menores tamanhos de partículas foram obtidos na presença de baixas concentrações de Precirol[®] e altas concentrações de Tween[®] 80, sendo possível variar a concentração do lipídio líquido mediante esta condição. A formulação otimizada contendo 2% de OEO apresentou tamanho de partícula na escala nanométrica, e foi funcionalizada com colesterol, Pluronic[®], quitosana e PEG. 8A-COL0,1% foi o nanossistema mais promissor, com variações mínimas de tamanho, PDI e potencial zeta. Os espectros de infravermelho sugeriram encapsulação do OEO através da supressão de bandas características. Por fim, todos os nanossistemas, exceto aqueles revestidos por quitosana, se apresentaram estáveis em temperatura ambiente e sob refrigeração, sem alterações significativas nos parâmetros físico-químicos durante 120 dias. Assim, CLN produzidos e funcionalizados se mostraram promissores para futura aplicação em testes de toxicidade contra o câncer de mama.

Referências

- ABDEL-HAFIZ, H. A. Epigenetic mechanisms of tamoxifen resistance in luminal breast cancer. **Diseases**, v. 5, n. 3, p. 16, 2017.
- ABUMANHAL-MASARWEH, H. et al. Tailoring the lipid composition of nanoparticles modulates their cellular uptake and affects the viability of triple negative breast cancer cells. **Journal of Controlled Release**, v. 307, p. 331–341, 2019.
- AL SAQR, A. et al. Enhanced cytotoxic activity of docetaxel-loaded silk fibroin nanoparticles against breast cancer cells. **Polymers**, v. 13, n. 9, p. 1416, 2021.
- AVOLA, R. et al. Oregano (*Origanum vulgare L.*) essential oil provides anti-inflammatory activity and facilitates wound healing in a human keratinocytes cell model. **Journal of Food and Chemical Toxicology**, v. 144, p. 111586, out. 2020
- BABAYE-ABDOLLAHI, B. et al. Main approaches to enhance radiosensitization in cancer cells by nanoparticles: A systematic review. **Advanced Pharmaceutical Bulletin**, 2020.
- BALUSAMY, S. R. et al. Anti-proliferative activity of *Origanum vulgare* inhibited lipogenesis and induced mitochondrial mediated apoptosis in human stomach cancer cell lines. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 108, p. 1835–1844, 2018.
- BERKO, Y. A.; FUNMILOLA, A. F.; AKALA, E. O. Fabrication of paclitaxel and 17aag-loaded poly-ε-caprolactone nanoparticles for breast cancer treatment. **Journal of Pharmaceutics & Drug Delivery Research**, v. 10, n. 1, p. 196, 2021.
- BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **O que é câncer?**. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: < <https://www.inca.gov.br/o-que-e-cancer> >. Acesso em: 01 Mar 2023.
- CAPATINA, L. et al. *Origanum vulgare ssp. hirtum (Lamiaceae)* essential oil prevents behavioral and oxidative stress changes in the scopolamine zebrafish model. **Molecules**, v. 26, n. 23, p. 7085, 2021.

- CHAUHAN, I. et al. Nanostructured lipid carriers: A ground breaking approach for transdermal drug delivery. **Advanced Pharmaceutical Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 150-165, 2020.
- CHEN, Z. et al. Trends of female and male breast cancer incidence at the global, regional, and national levels, 1990-2017. **Breast Cancer Research and Treatment**, v. 180, n. 2, p. 481– 490, 2020.
- CHEN, Y. et al. Cholesterol inhibits TCR signaling by directly restricting TCR-CD3 core tunnel motility. **Molecular Cell**, v. 82, n. 7, p. 1278- 1287, 2022.
- CONDE, J. et al. Revisiting 30 years of biofunctionalization and surface chemistry of inorganic nanoparticles for nanomedicine. **Frontiers in Chemistry**, 2014.
- DANAIEI, M. et al. Impact of particle size and polydispersity index on the clinical applications of lipidic nanocarrier systems. **Pharmaceutics**, v.10, 2018.
- DANG, Y.; GUAN, J. Nanoparticle-based drug delivery systems for cancer therapy. **Smart Materials in Medicine**, v. 1, p. 10–19, 1 jan. 2020.
- DI STEFANO, A. Nanotechnology in targeted drug delivery. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 9, p. 8194, 2023.
- ENGELBERG, S. et al. Targeted nanoparticles harboring jasmine-oil-entrapped paclitaxel for elimination of lung cancer cells. **International Journal of Molecular Sciences**, n. 22, v. 3, p. 1019, 2021.
- ESPINOSA-OLIVARES, M. A. et al. Nanostructured lipid carriers loaded with curcuminoids: Physicochemical characterization, in vitro release, ex vivo skin penetration, stability and antioxidant activity. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 155, p. 105533, 1 dez. 2020.
- FAYAD, S. J. **Obtenção e caracterização de micro e nanopartículas a base de proteína isolada de soja**. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- FELIMBAN, R. I. et al. Utilization of a nanostructured lipid carrier encapsulating pitavastatin-*Pinus densiflora* oil for enhancing cytotoxicity against the gingival carcinoma HGF-1 cell line. **Drug Delivery**, v. 30, n. 1, p. 83–96, 2022.
- GADAG, S. et al. Combination therapy and nanoparticulate systems: Smart approaches for the effective treatment of breast cancer. **Pharmaceutics**, v. 12, n. 6, p. 524, 2020.
- GARDOUH, A. R. et al. Influence of formulation factor on the size of nanostructured lipid carriers and nanoemulsions prepared by high shear homogenization. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, p. 61–75, 2018.
- GOMAA, E. et al. Methods for preparation of nanostructured lipid carriers. **Methods**, 2021.
- HAMIMED, S. et al. Nanotechnology in drug and gene delivery. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 395, n. 7, p. 769–787, 2022.
- HOANG THI, T. T. et al. The Importance of poly(ethylene glycol) alternatives for overcoming PEG immunogenicity in drug delivery and bioconjugation. **Polymers**, v. 12, n. 2, p. 298, 2020.

- HU, Y. et al. Engineering the lipid layer of lipid-PLGA hybrid nanoparticles for enhanced in vitro cellular uptake and improved stability. **Acta Biomaterialia**, v. 28, p. 149-159, 2015.
- HU, C. et al. Phagocyte-membrane-coated and laser-responsive nanoparticles control primary and metastatic cancer by inducing anti-tumor immunity. **Biomaterials**, v. 255, p. 120159, 2020.
- JAISWAL, P. et al. Nanostructured lipid carriers and their current application in targeted drug delivery. **Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology**, v. 44, n. 1, p. 27–40, 2016.
- JANA, P. et al. Biodegradable polymers in drug delivery and oral vaccination. **European Polymer Journal**, v. 142, p. 110155, 2021.
- KAMEL, K. et al. Chitosan-coated cinnamon/oregano-loaded solid lipid nanoparticles to augment 5-fluorouracil cytotoxicity for colorectal cancer: extract standardization, nanoparticle optimization, and cytotoxicity evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 36, p. 7966-7981, 2017.
- KANARAS A. G. et al. Thioalkylated tetraethylene glycol: a new ligand for water soluble monolayer protected gold clusters. **Chemical Communications**, n. 20, p. 2294-2295, 2002.
- KARN-ORACHAI, K. et al. The effect of surfactant composition on the chemical and structural properties of nanostructured lipid carriers. **Journal of Microencapsulation**, v. 31, n. 6, p. 609–618, 2014.
- KASHYAP, D. et al. Global increase in breast cancer incidence: risk factors and preventive measures. **BioMed Research International**, p. 9605439, 2022.
- KONTOGIANNIS, O. et al. Non-ionic surfactant effects on innate pluronic 188 behavior: interactions, and physicochemical and biocompatibility studies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 22, p. 13814, 2022.
- KUBATKA, P. et al. Oregano demonstrates distinct tumor-suppressive effects in the breast carcinoma model. **European Journal of Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 1303-1316, 2017.
- KUO, Y.-C.; WANG, C.-C. Cationic solid lipid nanoparticles with cholesterol-mediated surface layer for transporting saquinavir to the brain. **Biotechnology Progress**, v. 30, n. 1, p. 198–206, 2014.
- KURCZEWSKA, J. Chitosan-based nanoparticles with optimized parameters for targeted delivery of a specific anticancer drug—a comprehensive review. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 2, p. 503, 2023.
- LANG, X. et al. Advances and applications of chitosan-based nanomaterials as oral delivery carriers: a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 154, p. 433-445, 2020.
- MAKEEN, H. A. et al. Preparation, characterization, and anti-cancer activity of nanostructured lipid carriers containing imatinib. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 7, p. 1086, 2021.
- MALMIR, M. et al. A comprehensive review on the medicinal plants from the genus *Asphodelus*. **Plants**, v. 7, n. 1, p. 20, 2018.

- MASARUDIN, M. J. et al. Factors determining the stability, size distribution, and cellular accumulation of small, monodisperse chitosan nanoparticles as candidate vectors for anticancer drug delivery: application to the passive encapsulation of [14C]-doxorubicin. **Nanotechnology, Science and Applications**, v. 8, p. 67-80, 2015.
- MOGHROVYAN, A. et al. Essential oil and ethanol extract of oregano (*Origanum vulgare* L.) from armenian flora as a natural source of terpenes, flavonoids and other phytochemicals with antiradical, antioxidant, metal chelating, tyrosinase inhibitory and antibacterial activity. **Current Pharmaceutical Design**, v. 25, n. 16, p. 1809-1816, 2019.
- MORAES, S. et al. Targeted nanostructured lipid carriers for doxorubicin oral delivery. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 592, p. 120029, 2021.
- MOSLEH-SHIRAZI, S. et al. Nanotechnology advances in the detection and treatment of cancer: an overview. **Nanotheranostics**, v. 6, n. 4, p. 400–423, 2022.
- MURA, P. et al. Evaluation and comparison of solid lipid nanoparticles (SLNs) and nanostructured lipid carriers (NLCs) as vectors to develop hydrochlorothiazide effective and safe pediatric oral liquid formulations. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 4, p. 437, 2021.
- OMBREDANE, A. S. et al. *In vivo* efficacy and toxicity of curcumin nanoparticles in breast cancer treatment: a systematic review. **Frontiers in Oncology**, v. 11, p. 612903, 2021.
- PATEL, V. R.; AGRAWAL, Y. K. Nanosuspension: an approach to enhance solubility of drugs. **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 2, n. 2, p. 81-87, 2011.
- PERUMALSAMY, H. et al. Nanoemulsion and encapsulation strategy of hydrophobic oregano essential oil increased human prostate cancer cell death via apoptosis by attenuating lipid metabolism. **Bioinorganic Chemistry and Applications**, v. 2022, p.1-11, 2022.
- PONTES-QUERO, G. M. et al. Oregano essential oil micro-and nanoencapsulation with bioactive properties for biotechnological and biomedical applications. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, p. 703684, 2021.
- PYO, Y.-C. et al. Chitosan-coated nanostructured lipid carriers of fenofibrate with enhanced oral bioavailability and efficacy. **Colloids and Surfaces**, v. 196, p. 111331, 2020.
- RATHOD, N. B. et al. Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 733-748, 2021.
- RAMALINGAM, P.; KO, Y. T. Enhanced oral delivery of curcumin from N-trimethyl chitosan surface-modified solid lipid nanoparticles: pharmacokinetic and brain distribution evaluations. **Pharmaceutical Research**, v. 32, n. 2, p. 389–402, 2015.
- RODRIGUES, N. C. P. et al. The effect of continuous low-intensity exposure to electromagnetic fields from radio base stations to cancer mortality in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, p. 1229, 2021.
- SAMPAIO, L. A. et al. Antitumor effects of carvacrol and thymol: a systematic review. **Frontiers in Pharmacology**, v. 12, p. 702487, 2021.
- SEK, L. et al. Examination of the impact of a range of Pluronic surfactants on the *in vitro* solubilisation behaviour and oral bioavailability of lipodic formulations of atovaquone. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 58, n. 6, p. 809–820, 2006.

- SIEGEL, R. L. et al. A. Cancer statistics, 2021. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, v.71, n. 1, p. 7-33, 2021.
- SIEGEL, R. L. et al. A. Cancer statistics, 2020. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, v.70, n. 3, p. 145-164, 2020.
- SILVA, G. H. R. et al. Antineoplastics encapsulated in nanostructured lipid carriers. **Molecules**, v. 26, n. 22, p. 6929, 2021.
- SUBRAMANIAM, B.; SIDDIK, Z. H.; NAGOOR, N. H. Optimization of nanostructured lipid carriers: understanding the types, designs, and parameters in the process of formulations. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 22, n. 6, p. 141, 2020.
- SUHAIMI, S. H. et al. Effects of formulation parameters on particle size and polydispersity index of orthosiphon stamineus loaded nanostructured lipid carrier. **Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology**, v. 1, n. 1, p. 36-39, 2015.
- SUK, J. S. et al. PEGylation as a strategy for improving nanoparticle-based drug and gene delivery. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 99, p. 28–51, 2016.
- SUN, Y. et al. Temperature-sensitive gold nanoparticle-coated pluronic-p11 nanoparticles for drug delivery and chemo-photothermal therapy. **Theranostics**, v. 7, n. 18, p. 4424–4444, 2017.
- SUNG, H. et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA: a cancer journal for clinicians**, v. 71, n. 3, p. 209-249, 2021.
- TAGDE, P. et al. Nanomedicine-based delivery strategies for breast cancer treatment and management. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 5, p. 2856, 2022.
- FARAHPOUR, M. R. et al. Effectiveness of topical caraway essential oil loaded into nanostructured lipid carrier as a promising platform for the treatment of infected wounds. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 610, p. 125748, 2021.
- THIRUCHENTHOORAN, V. et al. Novel strategies against cancer: Dexibuprofen-loaded nanostructured lipid carriers. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 19, p. 11310, 2022.
- TRIVINO, A.; GUMIREDDY, A.; CHAUHAN, H. Drug-lipid-surfactant miscibility for the development of solid lipid nanoparticles. **An Official Journal of the American Association of Pharmaceutical Scientists**, v. 20, n. 2, p. 1-9, 2019.
- VALENCIA, M. S. et al. Bioactivity and cytotoxicity of quercetin-loaded, lecithin-chitosan nanoparticles. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 31, p. 101879, 2021.
- VINSOVA, J.; VAVRIKOVA, E. Recent advances in drugs and prodrugs design of chitosan. **Current Pharmaceutical Design**, v. 14, n. 13, p. 1311–1326, 2008.
- WANG, Z. et al. Roles of surfactants in oriented immobilization of cellulase on nanocarriers and multiphase hydrolysis system. **Frontiers in Chemistry**, v. 10, p. 884398, 2022.
- XIONG, Y.; LIU, X.; XIONG, H. Aggregation modeling of the influence of pH on the aggregation of variably charged nanoparticles. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 17386, 2021.
- ZHAO, S. et al. Mixture of nonionic/ionic surfactants for the formulation of nanostructured lipid carriers: effects on physical properties. **Langmuir: The American Chemical Society Journal of Surfaces and Colloids**, v. 30, n. 23, p. 6920–6928, 2014.

EVIDÊNCIA DE VALIDADE DO ÍNDICE DE DESVANTAGEM VOCAL (IDV) RELACIONADO A VARIÁVEIS DA AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DA VOZ

Giglyene Ferreira de Paiva Monteiro¹; Anna Alice Almeida².

RESUMO

Introdução: Conhecer a relação de um instrumento com outros métodos de avaliação clínica favorece o entendimento da integralidade dos dados. **Objetivo:** investigar a evidência de validade do IDV-TRI em relação à avaliação multidimensional da voz. **Metodologia:** Estudo de validação. 112 participantes coletaram dados relativos à voz: julgamento perceptivo-auditivo (JPA), análise acústica e resposta a outros instrumentos de autoavaliação. **Resultados e Discussão:** O IDV-TRI apresentou correlação positiva moderada com o QVV-TRI e sintomas vocais, correlação positiva fraca com algumas medidas acústicas (*shimmer*, mínima e desvio padrão da F0), GG do JPA e fatores de risco, além de correlação negativa fraca com PHR, CPPS e GNE. **Conclusão:** O IDV-TRI passou pela validação em relação a variáveis externas. Há validade convergente entre IDV-TRI e QVV-TRI; validade discriminante entre IDV-TRI e GG do JPA, como também entre IDV-TRI com algumas medidas acústicas e queixa vocal.

PALAVRAS-CHAVE: Voz. Disfonia. Qualidade de vida. Autoavaliação. Psicometria.

1 giglyene.fono.ufpb@gmail.com. Bolsista do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

2 anna_alice@uol.com.br, Evidências de validade baseada nas consequências do teste de instrumentos de autoavaliação de voz validados para o português brasileiro com base na Teoria de Resposta ao Item (TRI) / Evidência de Validade do Índice de Desvantagem Vocal (IDV) relacionado a outras variáveis da Avaliação Multidimensional da Voz, (83) 3216-7926.

Apresentação

A avaliação multidimensional da voz é essencial na averiguação de um distúrbio vocal, pois investiga sob diversas perspectivas. É constituída pela integração dos dados que envolve a anamnese, para conhecer a história clínica, autoavaliação vocal, para compreender a percepção pessoal do paciente, avaliação na perspectiva do clínico que envolve o julgamento perceptivo-auditivo da voz, análise acústica vocal, avaliação aerodinâmica e exame visual laríngeo (Carding et al., 2009; Roy et al., 2013; ASHA, 2018; Patel et al., 2018).

É preciso desenvolver testes com alta acurácia que auxiliem o clínico no processo de avaliação, que torne o diagnóstico cada vez mais assertivo. Dentro dessa perspectiva, existem os estudos de validação de instrumentos de autoavaliação da voz. Sabemos que traz informação imprescindível para a compreensão de um problema vocal, pois manifesta a percepção pessoal do indivíduo sobre sua própria voz; além de auxiliar no entendimento do impacto da doença em suas relações sociais, pessoais e profissionais; no prognóstico dos resultados individuais; no monitoramento da evolução do paciente; na avaliação da efetividade da terapia e na identificação de que elementos priorizar no processo de intervenção (Kasama; Brasolotto, 2007; Ugolino; Oliveira; Behlau, 2012).

A validação de um instrumento de autoavaliação não é uma tarefa simples e nem intuitiva, requer o desenvolvimento de processos pré estabelecidos dentro de diretrizes específicas para esse propósito. Com isso, lançamos mão de protocolos que se mostram sensíveis e específicos para o construto que pretende avaliar com o foco em um determinado público alvo.

O nosso grupo de pesquisa Laboratório Integrado de Estudos da Voz (LIEV), vinculado ao Departamento de Fonoaudiologia do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFPB vem desenvolvendo estudos de validação de testes desde 2016. O grupo de trabalho (GT) “Instrumentos de avaliação” inicialmente direcionou estudos pioneiros que envolveram a elaboração e validação de instrumentos de autoavaliação a partir de diretrizes e teorias mais contemporâneas para a área de Voz, um dos campos de atuação na Fonoaudiologia. Mais recentemente o GT ampliou para outras áreas do conhecimento, com parceiros interdisciplinares. Esses projetos geraram produções bibliográficas e técnicas, com repercussões e publicações em revistas científicas de circulação nacional e internacional.

Este capítulo, em particular, está vinculado a um Projeto de Pesquisa maior denominado “Responsividade de instrumentos de autoavaliação de voz validados para o português brasileiro com base na Teoria de Resposta ao Item”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com colaboradores institucionais e de outras Instituições de Ensino Superior do Brasil.

Fundamentação Teórica

Há diversos protocolos que são utilizados para a autoavaliação vocal que abordam diferentes construtos, como qualidade de vida (Hogikyan; Sethuraman, 1999; Gasparini; Behlau, 2009; Almeida et al., 2022), desvantagem vocal (Jacobson et al., 1997; Behlau; Santos; Oliveira, 2011; Ramos et al., 2020), sintomas vocais (Mathieson et al., 2009; Moreti et al., 2011; Rodrigues et al., 2013; Moreti et al., 2014; Almeida et al., 2021; Alencar et al., 2022), estratégias de enfrentamento (Epstein et al., 2009; Oliveira et al., 2012; Almeida et al., 2021), estágio de prontidão ao tratamento (Teixeira et al., 2013; Aguiar et al., 2021), controle vocal percebido no presente (Misono et al., 2016; Barbosa et al., 2023), entre outros. Observamos que a maior parte desses instrumentos de autoavaliação vocal, tanto a versão

original validada, quanto os traduzidos e validados para o idioma português brasileiro (PT-BR) seguem as diretrizes do Scientific Advisory Committee of the Medical Outcomes Trust (SAC) e baseados na Teoria Clássica dos Testes (TCT).

Destacamos o “Voice Handicap Index” (VHI) dentre os instrumentos mais usuais no mundo, que foi desenvolvido e validado originalmente em língua inglesa (Jacobson et al., 1997), e traduzido e validado para o PT-BR como “Índice de Desvantagem Vocal” (IDV) (Behlau et al., 2011). Foi o primeiro protocolo de autoavaliação desenvolvido, validado e publicado no mundo (Jacobson et al., 1997). Foi validado em diferentes línguas e culturas (Jacobson et al., 1997; Hsiung et al., 2003; Nawka et al., 2003; Guimarães et al., 2004; Woisard et al., 2004; Pruszewicz et al., 2004; Lam et al., 2006; Amir et al., 2006; Amir et al., 2006; Hakkesteegt et al., 2006; Nunez-Batalla et al., 2007; Bogaardt et al., 2007; Helidoni et al., 2010; Behlau et al., 2011; Costa et al., 2013; Ramos et al., 2020).

Tanto a versão original quanto a versão para o PT-BR do IDV foram validadas inicialmente na Teoria Clássica dos Testes (TCT) para avaliar os resultados, sendo empregada a escala Likert como chave de resposta, que variava de nunca a sempre. No entanto, observamos que o método empregado pela TCT possui limitações, por ser amostra dependente, realizar o somatório simples dos itens, sem considerar parâmetros relativos à discriminação e dificuldade de cada item que constitui o instrumento.

A versão traduzida e validada para o PT-BR passou por uma nova validação (Ramos et al., 2020), a partir da Teoria de Resposta ao Item (TRI). Essa permite considerar a magnitude de cada item em particular, que evidencia um maior entendimento da influência da disфонia na vida do paciente. Ademais, a TRI apresenta outras vantagens: além de ser amostra independente, permite averiguar o grau de discriminação e dificuldade de cada item, a fim de possibilitar reconhecer de maneira assertiva a aptidão do respondente. O IDV validado a partir da TRI (IDV-TRI) tem estrutura unifatorial, com 30 itens, com respostas dicotômicas (sim ou não). O IDV-TRI avalia o impacto da disфонia em atividades de vida diária; quanto maior for a pontuação do valor teta, maior desvantagem vocal, o que denota maior impacto na qualidade de vida e funcionalidade vocal. O escore é com base no teta que representa o valor do traço latente (construto), que neste caso é a desvantagem vocal (Ramos et al., 2020).

O estudo prévio (Ramos et al., 2020) abordou as etapas de evidência de validade com base na consistência interna, confiabilidade e medidas de acurácia, de acordo com o Standards for Educational and Psychological Testing (SEPT) (AERA; APA; NCME, 2014; Pernambuco et al., 2017). Essas recomendações preconizam também a etapa de evidência de validade baseada na relação com outras variáveis (AERA; APA; NCME, 2014).

Esta etapa do processo de validação compreende as correlações entre o instrumento e outras variáveis externas, visa analisar a coerência dessa relação com o desfecho. Envolve a validade convergente, a validade discriminante, a validade de critério concorrente e a validade de critério preditiva. Quando se faz a relação entre instrumentos diferentes, mas que possuem construtos semelhantes, têm-se a evidência de validade convergente. Quando se faz a relação entre o escore de um instrumento e entre medidas de diferentes construtos, tem-se a validade discriminante. Quando é realizada a comparação entre o resultado do teste e o resultado de outros testes, com o mesmo construto, têm-se a validade de critério concorrente. Para avaliar então a relação entre o resultado do instrumento e a sua capacidade de prever o possível resultado no futuro de avaliações posteriores, têm-se a validade de critério preditiva (AERA; APA; NCME, 2014; Pernambuco et al., 2017). Conhecer a relação de um instrumento com os outros métodos e técnicas existentes de avaliação clínica favorece o entendimento da integralidade dos dados, de que forma cada uma das dimensões pode contribuir para o

processo de avaliação e diagnóstico, além do melhor direcionamento na tomada de decisão clínica.

Assim, o objetivo deste estudo é investigar a evidência de validade do IDV-TRI, baseada na relação com outras variáveis da avaliação multidimensional da voz. Como objetivos específicos, propomos averiguar a presença de evidência de validade convergente; verificar a presença da evidência de validade de critério preditiva; analisar a presença da evidência de validade discriminante do IDV-TRI.

Metodologia

Trata-se de um estudo metodológico, de validação, com delineamento observacional transversal. Foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sob parecer de número 4.866.871/2021. A pesquisa foi desenvolvida no LIEV da UFPB.

Esta validação foi conforme o Standards for Educational and Psychological Testing (SEPT), que apresenta diretrizes para a realização de um processo de validação sólido e contemporâneo, com vistas a estabelecer etapas para o desenvolvimento e interpretação dos testes (AERA; APA; NCME, 2014).

A amostra foi composta por adultos, de ambos os sexos, que buscaram o serviço de atendimento em voz, e aceitaram participar da pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram considerados elegíveis para a pesquisa: indivíduo que apresentasse queixa vocal, com ou sem alteração vocal, de qualquer tipo e intensidade de desvio vocal; que tivesse respondido a todos os itens dos instrumentos de avaliação; que não apresentasse limitações genéticas, cognitivas e neurológicas que pudesse impossibilitar responder aos instrumentos e métodos de avaliação.

Os pacientes participaram da avaliação multidimensional da voz. Neste estudo foram coletados dados de anamnese, autoavaliação vocal, coleta de amostra de fala, para posterior julgamento perceptivo-auditivo e análise acústica quantitativa. Também realizaram exame visual laríngeo, para verificação do diagnóstico laríngeo.

Foi utilizado o Protocolo de Anamnese e Avaliação Vocal, que contém informações acerca dos dados sociodemográficos para identificação dos participantes; motivo e duração da queixa; história pregressa da disfonia; sintomas vocais auditivos e sensoriais/cinestésicos detectados pelo paciente; fatores de risco organizacionais, ambientais e pessoais; se o paciente já realizou anteriormente algum tratamento para disfonia (medicamentoso, cirúrgico, fonoterápico, outros); investigação complementar acerca de distúrbios no trato respiratório, histórico de cirurgias, patologias laríngeas, desenvolvimento vocal; antecedentes familiares; e, por fim, qual é a motivação do paciente para a terapia (Almeida et al., 2021). Foram utilizados também os protocolos de autoavaliação vocal “Índice de Desvantagem Vocal” (IDV) e “Qualidade de Vida em Voz” (QVV), na versão validada para o PT-BR brasileiro, a partir de TRI.

O IDV é a versão brasileira do instrumento de autoavaliação vocal “Voice Handicap Index” (Jacobson et al., 1997). Sua primeira versão validada para o PT-BR brasileiro, em 2011, utiliza a TCT (Behlau; Santos; Oliveira, 2011). Optamos pela versão validada para o PT-BR brasileiro a partir da TRI – IDV-TRI (Ramos et al., 2020). O objetivo do IDV é identificar o nível de desvantagem causada por uma alteração vocal, a partir do ponto de vista do paciente. O IDV-TRI é composto por 30 itens, em uma estrutura unifatorial, possuindo possibilidade de respostas dicotômicas (Sim ou Não). Seu escore tem como ponto de corte

-0,135. Logo, resultados superiores a este valor podem indicar desvantagem vocal e a presença de disfonia.

O QVV é a versão brasileira do instrumento de autoavaliação vocal Voice-Related Quality of Life – V-RQOL (Hogikyan; Sethuraman, 1999), sua primeira versão para o PT-BR brasileiro é com base na TCT (Gasparini; Behlau, 2009). Utilizamos a versão validada para o PT-BR brasileiro com base na TRI – QVV-TRI (Almeida et al., 2020). O QVV se propõe a avaliar a qualidade de vida em voz. O QVV-TRI contém dez itens em uma estrutura unifatorial, com respostas dicotômicas (Sim ou Não). Possui como ponto de corte 0,314, resultados acima desse valor apontam para um maior comprometimento da qualidade de vida em relação à voz, com indicativo de disfonia.

As respostas de ambos os instrumentos de autoavaliação foram submetidas ao *software SelfVox*, desenvolvido pelo LIEV para realizar o cálculo do valor do escore, teta da resposta de cada participante. A partir deste valor, verificou-se a correlação do IDV-TRI com as demais dimensões da avaliação multidimensional da voz.

Coletou-se a tarefa de fala “vogal sustentada /É/”, em cabine acústica com controle de ruído, utilizando o software CTS Fonoview 4, com taxa de amostragem de 44100 Hz. As vozes foram então padronizadas com o tempo de 5 segundos, por meio do *software Audacity*, na versão 3.0.2. Para a análise acústica quantitativa dos sinais vocais, utilizou-se script para extração das medidas acústicas de qualidade vocal, desenvolvido pelo LIEV, plugado ao software de acesso livre PRAAT (Paul Boersma e David Weenink, University of Amsterdam, Holanda), na versão 6.1.50. As medidas extraídas foram: média, desvio padrão, máximo e mínimo da frequência fundamental (F0) em Hz, *jitter* (%), *shimmer* (db), proporção harmônico-ruído (PHR), *Cepstral Peak Prominence-Smoothed* (CPPS), intensidade (dB) e *Glottal to Noise Extraction Ratio* (GNE).

Posteriormente realizou-se julgamento perceptivo-auditivo, a fim de avaliar parâmetros de qualidade vocal. Foram analisadas informações sobre a intensidade do desvio vocal, presença ou ausência de problema vocal com base na intensidade do desvio vocal e qualidade vocal predominante. Para o julgamento perceptivo-auditivo da voz, um fonoaudiólogo especialista em voz, com 10 anos de experiência, classificou os sinais vocais utilizando a Escala de Desvio Vocal (EDV). Consideramos o Grau Geral (GG) de acordo com as seguintes categorias: variabilidade normal da qualidade vocal (VNQV) de 0mm a 35,5mm, com desvio vocal variando na intensidade de leve a moderado (35,6 até 50,5mm), moderado (50,6 até 90,5mm) e intenso (90,6 até 100m) (Yamasaki et al., 2017). Para verificar a ausência ou presença de problema vocal, foi considerado a intensidade do desvio vocal, sendo dividida em: ausência - quando ocorre VNQV; presença - quando houve desvio vocal leve, moderado e intenso. A classificação da qualidade vocal predominante foi com base na VNQV, rugosidade, sopro, tensão, instabilidade e astenia.

O participante da pesquisa foi encaminhado ao médico otorrinolaringologista para obtenção do laudo laringológico a partir da realização do exame visual laríngeo. O exame laríngeo foi categorizado em: paciente sem lesão laríngea, paciente com lesão na porção membranosa das pregas vocais, paciente com distúrbio neurológico da voz, paciente com fenda glótica sem causa orgânica ou neurológica, paciente com distúrbio de voz secundário à refluxo gastroesofágico e alteração orgânica (Cohen et al., 2012).

Em relação à classificação da disfonia, é uma variável única com desfecho combinado, com base na avaliação clínica, em que consideramos o laudo laringológico realizado pelo médico otorrinolaringologista e o resultado do julgamento perceptivo-auditivo realizada pelo juiz fonoaudiólogo especialista em voz. A variável disfonia foi categorizada em: ausência de

disfonia (sem lesão laríngea e sem alteração perceptivo-auditiva), disfonia comportamental sem lesão (sem lesão laríngea e com alteração vocal perceptivo-auditiva), disfonia comportamental com lesão (com lesão laríngea e com alteração vocal perceptivo-auditiva), disfonia orgânica (com alteração orgânica na laringe ou outros sistemas e com alteração vocal perceptivo-auditiva) e indeterminado (quando ocorreu alteração laríngea sem alteração perceptivo-auditiva).

Utilizou-se medidas descritivas de frequência absoluta e relativa, além de medidas de tendência central e dispersão para descrever as variáveis estudadas. Utilizamos o teste Kolmogórov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. A partir do resultado, selecionamos o Teste t de Student para dados não pareados, para comparação de dois grupos independentes; ANOVA, para comparação de mais de dois grupos; e Correlação de Pearson, para verificar e medir a força da correlação. Os valores da força da correlação foram utilizados segundo Dancey & Reidy (2013), com 0,1 a 0,3 correspondendo a “fraca”; 0,4 a 0,6 correspondendo a moderado; 0,7 a 0,9 correspondendo a “forte”; e 1 correspondendo à “perfeito”. Consideramos significância de 5%. Utilizamos o software R versão 4.1.1 para realização da análise.

Resultados e Discussão

Estudo inicial que validou o IDV pela TRI envolveu as evidências de validade com base na consistência interna, confiabilidade e medidas de acurácia (Ramos et al., 2020). Desta maneira, o presente estudo avançou no processo de validação do IDV-TRI, pois realizou a aplicação da etapa de evidência de validade baseada na relação com outras variáveis, correlacionando o IDV-TRI com as outras variáveis da avaliação multidimensional da voz.

Aqui nós apresentamos sete tabelas que expõem os resultados relativos aos dados pessoais e clínicos relacionados aos participantes da pesquisa; à validade convergente entre o IDV-TRI e o QVV-TRI; além da validade de critério preditiva entre o IDV-TRI, o julgamento perceptivo-auditivo e a avaliação acústica; e validade discriminante do IDV-TRI, para avaliação e identificação de indivíduos disfônicos, como também profissionais e não profissionais da voz.

A amostra foi composta por 112 adultos, de ambos os sexos, com média de idade de 38,33 (DP=15,22) anos. A Tabela 1 dispõe as informações relacionadas aos participantes da pesquisa, queixas vocais e julgamento perceptivo-auditivo. A maior parte da amostra é formada por mulheres (n=63; 56,25,0%) e profissionais da voz (n=59; 52,68,0%). As queixas vocais categorizadas como sintomas vocais auditivos foram as mais referidas (n= 35; 31,25%). A maioria dos participantes tinha alteração da voz a partir do julgamento perceptivo-auditivo (n=98; 87,5%), com intensidade do desvio vocal moderado (n=69; 61,61%) e sopro como predominância do desvio vocal (n=38; 33,93%).

Tabela 1. Dados pessoais e clínicos relacionados aos participantes da pesquisa, queixas vocais e julgamento perceptivo-auditivo

VARIÁVEIS		n	%
Participantes	Mulheres	63	56,25%
	Homens	49	43,75%
Profissionais da voz	Profissionais da voz	59	52,68%

	Não profissionais da voz	53	47,32%
Queixa vocal	Sintomas Auditivos	35	31,25%
	Sintomas Mistos	33	29,46%
	Aprimoramento	17	15,18%
	Sintomas Proprioceptivos	14	12,50%
	Patologia Laríngea	7	6,25%
	Encaminhamento Médico	6	5,36%
Intensidade do desvio vocal	Moderado	69	61,61%
	Leve a Moderado	25	22,32%
	VNQV	14	12,50%
	Intenso	4	3,57%
Presença de alteração vocal segundo a perceptivo-auditiva	Com alteração da voz	98	87,50%
	Sem alteração da voz	14	12,50%
Predominância do desvio vocal	Soprosidade	38	33,93%
	Rugosidade	33	29,47%
	Tensão	19	16,96%
	VNQV	12	10,71%
	Astenia	6	5,36%
	Instabilidade	4	3,57%

Legenda: VNQV - variabilidade normal de qualidade vocal.

Os distúrbios vocais trazem prejuízos à produção vocal, que pode acarretar em disфонia devido às alterações fisiopatológicas, com repercussões na qualidade vocal e aspectos biopsicossociais, que podem interferir na qualidade de vida (Alves, 2019). Devido a abrangência da voz, é preciso realizar uma avaliação multidimensional e multidisciplinar da voz, na qual faz parte a autoavaliação vocal. Essa etapa é essencial, pois consiste no entendimento do paciente sobre a sua situação de saúde vocal, que evidencia a repercussão da alteração vocal na vida do paciente. Dessa forma, é imprescindível que os instrumentos de autoavaliação vocal sejam validados adequadamente, para que possam proporcionar informações sensíveis e específicas para o diagnóstico, como também para auxiliar o planejamento terapêutico e averiguar a evolução (Kasama, Brasolotto, 2007; Ugolino; Oliveira; Behlau, 2012).

Nesse contexto, destacamos o IDV-TRI, que é um instrumento de autoavaliação vocal fundamental para obter a compreensão de qual impacto causado pela disфонia na desvantagem vocal, que pode influenciar na funcionalidade de seu comportamento vocal, um dos aspectos a impactarem na qualidade de vida do indivíduo. Assim, é primordial que a validação desse instrumento cumpra as etapas necessárias para obtenção de evidências de validade, confiabilidade e medidas de acurácia dos testes (Pernambuco et al., 2017).

Tabela 2. Correlação do IDV-TRI com o QVV-TRI, os parâmetros perceptivo-auditivos e as medidas acústicas

VARIÁVEIS	IDV-TRI	
	Coef. correlação	p-valor
tetaQVV-TRI	0,632	<0,0001*
JPAGG	0,202	0,033*
DPF0	0,247	0,009*
minF0	0,219	0,020*
Shimmer	0,293	0,002*
PHR	-0,216	0,022*
CPPS	-0,387	<0,0001*
GNE1000_média	-0,313	0,001*
GNE1000_máximo	-0,355	<0,0001*
GNE3000_média	-0,343	<0,0001*
GNE3000_máximo	-0,298	0,001*

Legenda: IDV-TRI - Índice de Desvantagem Vocal; JPA GG - julgamento perceptivo-auditivo: grau geral; CPPS - *Cepstral Peak Proeminence*; DPF0 - desvio padrão da frequência fundamental; GNE - *Glottal to Noise Extraction Ratio*; PHR - proporção harmônico-ruído; QVV-TRI - Questionário de Qualidade de Vida em Voz. * $p < 0,05$. Teste estatístico Correlação de Pearson.

A Tabela 2 exibe a análise da correlação do IDV-TRI com as medidas acústicas, os parâmetros perceptivo-auditivos e com o QVV-TRI. O IDV-TRI apresentou correlação com todas as variáveis testadas, exceto com os parâmetros média e máximo da F0, *jitter* e intensidade. Podemos perceber que houve correlação positiva moderada com o teta do QVV-TRI (0,632; $p < 0,0001$), correlação positiva fraca com o DPF0 (0,247; $p = 0,009$), F0 mínima (0,219; $p = 0,020$), *shimmer* (0,293; $p = 0,002$), e grau geral do julgamento perceptivo-auditivo (0,202; $p = 0,033$), além de correlação negativa fraca com PHR (-0,216; $p = 0,022$), CPPS (-0,387; $p < 0,0001$) e GNE média em 1000 Hz (-0,313; $p = 0,001$), GNE máximo em 1000 Hz (-0,355; $p < 0,0001$), GNE média em 3000 Hz (-0,343; $p < 0,0001$), GNE máximo em 3000 Hz (-0,298; $p = 0,001$).

Os protocolos IDV-TRI e QVV-TRI possuem o mesmo construto: a qualidade de vida dentro da perspectiva da funcionalidade da voz. Dessa forma, esta pesquisa considerou o instrumento QVV-TRI para avaliar a correlação com o IDV-TRI. Observamos que há correlação positiva moderada entre os valores de teta do IDV-TRI e do QVV-TRI, denotando a evidência de validade convergente. A validade convergente ocorre quando há correlação moderada entre instrumentos diferentes que possuem construtos semelhantes e espera-se uma correlação moderada entre eles. O termo “construto” refere-se ao conteúdo que um teste se propõe a medir (AERA, APA, NCME, 2014; Ramos et al., 2020; Almeida, 2020).

Tal fato revela que o construto de ambos instrumentos de autoavaliação são relacionados e convergem sob a mesma. Assim, acredita na capacidade de juntos possibilitarem uma melhor compreensão acerca de como uma alteração vocal pode influenciar

a vida de uma pessoa com problemas vocais, mostrando sob variados ângulos - da desvantagem vocal e da qualidade de vida - a visão do indivíduo sobre a funcionalidade da sua voz.

O QVV-TRI contempla a influência de uma alteração vocal nas atividades de vida diária, possibilitando investigar a qualidade de vida referente aos aspectos vocais; quanto maior o score, maior comprometimento da qualidade de vida em relação à voz (Almeida et al., 2020).

Em relação ao julgamento perceptivo-auditivo, há presença de correlação positiva fraca do IDV-TRI com o grau geral, o que pode indicar evidência de validade discriminante entre o IDV-TRI e esse parâmetro perceptual. O grau geral indica a intensidade do desvio vocal, cuja qualidade vocal pode estar dentro da variabilidade normal, ou pode apresentar um desvio vocal de grau leve a moderado, moderado ou intenso (Yamasaki et al., 2017).

A validade discriminante pode ocorrer quando o instrumento discrimina grupos distintos. Também pode ocorrer quando há correlação fraca entre o instrumento com medidas que apresentam desfechos distintos, como por exemplo entre o IDV-TRI, que contempla a autoavaliação vocal, e extração de medidas acústicas, que contemplam a análise quantitativa do sinal vocal. Neste sentido, observamos que há presença de correlação positiva fraca do IDV-TRI com as medidas desvio padrão da frequência fundamental, frequência fundamental mínima, *shimmer*. Além disso, encontramos correlação negativa fraca do IDV-TRI com os parâmetros acústicos proporção harmônico-ruído, GNE e CPPS. Esse fato aponta evidência de validade discriminante entre o IDV-TRI e esses parâmetros, denotando dimensões distintas da avaliação vocal. Cada variável se refere a um construto diferente: o IDV-TRI à desvantagem vocal e as medidas acústicas vinculadas à biomecânica da produção vocal.

A frequência fundamental trata-se da quantificação de ciclos realizados durante um segundo pela prega vocal. O *shimmer* é uma medida acústica que indica a variabilidade da amplitude medida em ciclos, alterações no valor de normalidade pode indicar perturbações na amplitude do som gerado pela prega vocal, variando de um ciclo para o outro (Gonçalves, 2019). Já a medida de proporção harmônico-ruído é constituída pela relação entre o sinal regular das pregas vocais e do ruído adicional proveniente do trato vocal e pregas vocais. No mesmo âmbito, a medida acústica GNE demonstra se o sinal é originário a partir das pregas vocais com a vibração glótica, ou do trato vocal com a turbulência do ar (Lopes et al., 2017).

Os valores negativos mostram uma correlação inversamente proporcional, onde quanto maior o IDV-TRI, menor o valor destas medidas, e vice-versa. Tal fato revela que quanto maior a desvantagem vocal denotada pelo IDV-TRI, menor é o GNE e menor é o valor de proporção entre o harmônico e o ruído. A literatura aponta que é esperado que vozes sem desvio apresentem maiores valores de CPPS, pois possuem boa definição nos harmônicos e maior periodicidade (Lopes et al., 2019); opostamente, é esperado que o IDV-TRI apresente valores menores quando não há indicativo de disфонia, apresentando concordância com este estudo.

A análise acústica da voz possibilita a caracterização do sinal vocal, fornecendo dados quantitativos objetivos (Gonçalves, 2019), que demonstram relevância para a compreensão de como ocorre a produção da voz (Medina et al, 2015). As medidas acústicas estão intrinsecamente vinculadas com a biomecânica da produção vocal, estando também em consonância com a avaliação da perspectiva do clínico, nas suas diversas dimensões.

Ressalta-se a importância destes resultados, pois os estudos anteriormente com a utilização dos instrumentos validados a partir da TCT (IDV e QVV), dificilmente ocorria correlação entre o IDV e o julgamento perceptivo-auditivo, análise acústica e exame laríngeo. Estudo realizado que objetivou verificar a correlação entre o IDV e as medidas de avaliação vocal encontrou o IDV não se correlacionou com os parâmetros acústicos e perceptivo-auditivos (Wheeler et al., 2006; Schindler et al., 2009; Leite et al., 2015; Lopes et al., 2017) Podemos destacar uma meta-análise sobre a relação entre o VHI e medidas vocais objetivas, como F0, *jitter*, *shimmer*, PHR, tempo máximo de fonação, encontrou resultados com correlações fracas (Zhao et al., 2020). Um estudo com a versão persa do IDV-30 encontrou correlação entre a subescala física com o *shimmer*, *jitter* e PHR, que sugere associação entre as informações de autoavaliação e as informações acústicas, mesmo estes fornecendo dados distintos (Dehqan et al., 2016).

A seguir, a Tabela 3 demonstra a análise da correlação do IDV-TRI com os sintomas vocais e os fatores de risco. Houve correlação positiva moderada com o número total de sintomas vocais (0,518; $p < 0,0001$), sintomas vocais auditivos (0,540; $p < 0,0001$) e sintomas vocais sensoriais/cinestésicos (0,412; $p < 0,0001$). Houve correlação positiva fraca com o número total de fatores de risco (0,269; $p = 0,004$), fatores de risco ambientais (0,192; $p = 0,043$) e fatores de risco pessoais (0,314; $p = 0,001$).

Tabela 3. Correlação do IDV-TRI com os sintomas vocais e os fatores de risco

VARIÁVEIS	IDV-TRI	
	Coef. correlação	p-valor
Nº total de sintomas vocais	0,518	<0,0001*
Nº de sintomas vocais auditivos	0,540	<0,0001*
Nº de sintomas vocais sensoriais	0,412	<0,0001*
Nº total de fatores de risco	0,269	0,004*
Nº de fatores de risco ambientais	0,192	0,043*
Nº de fatores de risco pessoais	0,314	0,001*

* $p < 0,05$. Teste estatístico Correlação de Pearson.

Observamos que há correlação do IDV-TRI com os sintomas vocais e os fatores de risco. Verificamos a correlação entre o IDV-TRI e o número total de sintomas vocais, subdividido em número de sintomas vocais auditivos e número de sintomas vocais sensoriais/cinestésicos, e o número total de fatores de risco, destacando as subdivisões ambientais e pessoais. O IDV-TRI apresentou correlação com todas as variáveis, exceto com o número de fatores de risco organizacionais.

Houve correlação positiva fraca entre o IDV-TRI e o número total de fatores de risco e o número total de fatores ambientais, isso pode ocorrer pois o ambiente pode trazer prejuízos à saúde vocal. Tal resultado evidencia a desvantagem vocal em relação ao ambiente, podendo a voz sofrer influência de fatores como ruído de fundo, acústica pobre, distância interfalantes, baixa umidade do ar, poluição, poeira e mofo, fatores ergonômicos, ambiente estressante e uso de equipamento inadequado (Vital et al., 2016).

Encontramos correlação positiva moderada entre o IDV-TRI e o número de fatores de risco pessoais, número total de sintomas vocais, número de sintomas vocais auditivos e número de sintomas vocais sensoriais. A correlação do IDV-TRI com o número total dos sintomas vocais aponta para a desvantagem vocal relacionada aos sintomas vocais

autorreferidos, podendo ser sintomas vocais auditivos e proprioceptivos (Vital et al., 2016). Quanto maior for o número dos sintomas vocais referidos, maior também é a desvantagem vocal, acarretando prejuízos na funcionalidade da voz e trazendo impactos negativos na qualidade de vida.

A Tabela 4 apresenta a comparação das médias do IDV-TRI com os grupos de pacientes com base no critério da avaliação laringológica, bem como com os grupos de classificação da disfonia com base no critério do julgamento perceptivo-auditivo (Tabela 5). Percebemos que não houve significância em ambas as comparações. Notamos que a comparação das médias do IDV-TRI a partir da divisão de grupos de profissionais e não profissionais da voz não apresentou significância (Tabela 6). O IDV-TRI não discrimina os grupos de acordo com o diagnóstico laringológico, nem com base no julgamento perceptivo-auditivo e nem em ser ou não profissional da voz.

Tabela 4. Comparação das médias do IDV-TRI a partir da divisão dos grupos de pacientes com base no critério da avaliação laringológica

Variável	G1		G2		G3		G4		G5		G6		p-valor
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	
IDV-TRI	0,24	0,48	0,33	0,94	0,68	0,94	0,67	0,52	0,42	0,56	1,34	0,30	0,331

Legenda: IDV-TRI - Índice de Desvantagem Vocal; G1 - Paciente sem lesão laríngea; G2 - Paciente com lesão na porção membranosa das PPVV; G3 - Paciente com distúrbios neurológico da voz; G4 - Paciente com fenda glótica sem causa orgânica ou neurológica; G5 - Paciente com distúrbio de voz secundário à refluxo gastroesofágico; G6 - Lesão orgânica; M - Média; DP - Desvio Padrão. * $p < 0,05$. Teste estatístico ANOVA.

A comparação das médias do IDV-TRI com os grupos de pacientes com base no critério da avaliação laringológica não obteve significância. Com relação ao diagnóstico laríngeo, a prevalência foi da lesão na porção membranosa das pregas vocais. Comparado a outros diagnósticos, a literatura aponta que pacientes com lesão na porção membranosa das pregas vocais referem maior número de sintomas vocais (Lopes et al., 2016). Os demais diagnósticos laríngeos que se sobressaíram foram de pacientes sem lesão laríngea e pacientes com distúrbio de voz secundário a refluxo gastroesofágico. Outros diagnósticos foram de pacientes com fenda glótica sem causa orgânica ou neurológica, pacientes com distúrbios neurológicos da voz e pacientes com lesão orgânica.

Tabela 5. Comparação das médias do IDV-TRI a partir da classificação da disfonia com base no critério do julgamento perceptivo-auditivo

VARIÁVEL	VNQV		Disfonia leve a modera		Disfonia moderada		Disfonia intensa		p-valor
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	
IDV-TRI	0,13	1,0	0,31	0,41	0,35	0,82	0,95	0,70	0,320

Legenda: IDV-TRI - Índice de Desvantagem Vocal; M- Média; DP- Desvio Padrão, VNQV- Variabilidade normal da qualidade vocal. * $p < 0,05$. Teste estatístico ANOVA.

A literatura conceitua o julgamento perceptivo-auditivo o principal padrão de referência da avaliação vocal (Cielo et al., 2015). Ele proporciona a classificação da qualidade vocal, por meio de parâmetros que auxiliam os juizes na identificação, para caracterizar se há desvio vocal, qual é a intensidade deste desvio, quais os parâmetros estão mais alterados, entre outras possibilidades de informações (Cielo *et al.*, 2015; Bandeira, 2020).

A comparação das médias do IDV-TRI a partir da classificação da disфонia com base no critério do julgamento perceptivo-auditivo com a intensidade do desvio vocal, não apresentou significância. Esses achados estão de acordo com a literatura, onde os estudos prévios com IDV validado pela TCT não houve correlação entre o diagnóstico fonoaudiológico e a autoavaliação do IDV e QVV, os grupos de disфонia responderam de forma semelhante (Leite et al., 2015). Podemos perceber que a média da intensidade do desvio vocal vai aumentando conforme o grupo categorizado, a ponto do grupo de grau intenso tem uma média aproximadamente cinco vezes maior do que o grupo de VNQV. Nota-se também que não houve equilíbrio na composição dos grupos da amostra. Há uma variabilidade de todas as possibilidades de categorias de intensidade do desvio vocal, mas há majoritariamente intensidade do desvio vocal moderado; esse fator mostra a ocorrência da prevalência da população com desvio vocal moderado na procura pelo serviço fonoaudiológico em geral. Esse desbalanceamento pode ter impactado na análise de comparação desses dados.

Tabela 6. Comparação das médias do IDV-TRI a partir da divisão de grupos com base no uso profissional da voz

VARIÁVEL	PV		NPV		p-valor
	M	DP	M	DP	
IDV-TRI	0,28	0,67	0,39	0,88	0,193

Legenda: IDV-TRI: Índice de Desvantagem Vocal; PV - Profissionais da Voz; NPV - Não profissionais da voz; M - Média; DP - Desvio Padrão. * $p < 0,05$. Teste T de Student.

O IDV-TRI não foi capaz de discriminar grupos de profissionais e não profissionais da voz, assim não se obteve evidência de validade discriminante do IDV-TRI em relação aos grupos de profissionais e não profissionais da voz. Tais dados podem demonstrar que profissionais ou não profissionais da voz responderam ao IDV-TRI da mesma perspectiva, o impacto da desvantagem vocal afeta ambos os grupos, seja para aqueles que utilizam a voz como ferramenta de trabalho ou não utilizam. O prejuízo de uma alteração vocal acarreta desvantagens vocais para todos com queixas vocais. Isso ressalta a importância de uma avaliação vocal realizada assertivamente, com a prática baseada em evidências; de um plano terapêutico adequado personalizado para cada indivíduo, conforme suas necessidades e preferências; conjuntamente com a busca do paciente pelo tratamento e seu efetivo comprometimento e engajamento com a terapia. Vale referirmos que o IDV-TRI tem como foco a população em geral. Faz-se necessário elaborar e validar instrumentos mais sensíveis e específicos para o público-alvo de profissionais da voz, acreditamos que assim a resposta a esse instrumento voltado a essa população poderia ser diferente.

Assim, o IDV-TRI não discrimina os grupos de acordo com o diagnóstico laringológico, nem com base na avaliação perceptiva-auditiva e nem ser ou não profissional da voz. Ou seja, esses grupos respondem ao IDV-TRI de forma semelhante. Seja qual for a natureza da lesão laríngea, a intensidade da disфонia, ser ou não profissional da voz, a

desvantagem vocal é presente e traz impactos na funcionalidade da voz de forma individual, independente dessas características.

Exibimos a comparação dois a dois entre as médias do IDV-TRI a partir da divisão dos grupos de queixas apresentadas na Tabela 7. Houve significância na comparação entre o grupo de aprimoramento vocal e o grupo de sintomas auditivos (p-valor=0,040) e entre o grupo de aprimoramento vocal e o grupo sintomas mistos (p-valor=0,012).

Tabela 7. Comparação dois a dois entre as médias do IDV-TRI a partir da divisão dos grupos com base nas queixas apresentadas

Classificação das disfonias	Diferença média	Modelo padrão	Sig.	Intervalo de confiança 95%	
				LI	LS
G4	G1	0,218	0,040*	-1,284	-0,017
	G2	0,266	0,539	-1,224	0,322
	G3	0,220	0,012*	-1,386	-0,107
	G5	0,350	1,000	-1,037	0,997
	G6	,331	0,980	-1,197	0,727

Legenda: G1 - sintomas auditivos; G2 - proprioceptivos; G3 - mistos; G4 - aprimoramento; G5 - encaminhamento médico; G6 - patologia laringea; LI- limite inferior; LS- limite superior. *p<0,05. Teste estatístico Post hoc Tukey. **Fonte:** Dados da pesquisa

Nesta população, a queixa vocal mais frequente foi a categoria de sintomas auditivos, seguido por sintomas mistos, busca por aprimoramento vocal, sintomas proprioceptivos, patologia laringea e encaminhamento médico. O IDV-TRI foi capaz de diferenciar os grupos de queixas vocais. O grupo 4 (aprimoramento vocal) se diferenciou dos grupos 1 (sintomas auditivos) e 3 (sintomas mistos). Ou seja, estes grupos respondem de maneira diferente ao IDV-TRI. Pessoas que referem sintomas auditivos como rouquidão, voz infantilizada, falta de projeção vocal, falhas na voz, perda vocal, e pessoas que referem sintomas mistos como rouquidão e fadiga vocal, rouquidão e dor ao falar, rouquidão e pigarro, rouquidão e irritação, piora progressiva da voz, respondem diferentemente de pessoas que buscam aprimoramento vocal, denotando diferenças na desvantagem vocal destes indivíduos.

A autoavaliação vocal pode apresentar resultados piores em pessoas que possuem queixa em relação à voz (Costa; Pernambuco, 2014). Um estudo dividiu sua amostra em três grupos: um com queixas de apenas esforço vocal, outro apenas qualidade vocal, e queixa de qualidade mais esforço vocal. Quando houve a combinação de queixa de esforço associada à queixa de qualidade vocal, a pontuação do VHI foi significativamente maior, o que mostrou maior desvantagem vocal (Ruel; Thibeault, 2020).

Tivemos como limitações nesta pesquisa a não homogeneidade dos grupos de diagnósticos. Recomendamos que pesquisas futuras possam balancear a quantidade de participantes nestes grupos. Recomendamos também que possa ser investigado a correlação do IDV-TRI com os outros instrumentos de autoavaliação vocal que possuem construtos diferentes.

Destacamos a validade científica interna e externa do presente trabalho, com a atenção ao rigor metodológico em seguir os pré-requisitos básicos para esta etapa de evidência de validade com base nas variáveis externas de acordo com o SEPT, além de selecionarmos

modelos teórico e estatísticos contemporâneos. Outro fator importante foi o cuidado com a seleção da amostra, com variabilidade dentro das características representativas da população geral em termos de vozes adequadas/alteradas, todos os extratos da intensidade do desvio vocal, além de predominâncias e diagnósticos laríngeos variados. Todos esses pontos de atenção tiveram o foco de possibilitar inferências.

Conclusões

O IDV-TRI passou pela validação em relação a variáveis externas. Constatamos que há validade convergente entre o IDV-TRI e o QVV-TRI; há validade discriminante entre o IDV-TRI e o grau geral do julgamento perceptivo-auditivo, como também com as medidas acústicas shimmer, mínima e desvio padrão da F0, proporção harmônico-ruído, GNE e CPPS. Há validade discriminante em relação à queixa vocal. Pessoas com queixa vocal apresentam mais desvantagem vocal do que pessoas que buscam aprimoramento vocal.

Referências Bibliográficas

- AERA: American Educational Research Association, APA: American Psychological Association, NCME: National Council on Measurement in Education. Standards for educational and psychological testing. New York: AERA. (2014).
- AGUIAR, A. C., ALMEIDA, L. N. A., PERNAMBUCO, L. et al. Urica-VV Scale: A New Research Perspective of The Stage of Readiness for Treatment in Patients with Dysphonia. *Journal of voice*. v. 37, n. 6, p. 807-821. (2021).
- ALENCAR, S. A. L., SANTOS, J. P. D., ALMEIDA, L. N., NASCIMENTO, J. A. D., LOPES, L. W., ALMEIDA, A. A. Factorial Analysis of the Brazilian Version of the Vocal Tract Discomfort Scale in patients with dysphonia. *J Voice*. (2022). v. 36, n. 1, p. 144.e11-144.e20.
- ALENCAR, S. A. L., ALMEIDA, L. N. A., PALHANO, D., NASCIMENTO, J. A., ALMEIDA, A. A. Aplicação da Teoria de Resposta ao Item na Escala do Desconforto do Trato Vocal. In: 30º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, João Pessoa, 2022. Anais do 30º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. p. 4477-4481.
- ALMEIDA, L. N., OLIVEIRA, P., ALMEIDA, A. A., LOPES, L. W., BEHLAU, M., RIBEIRO, V. V. Avaliação multidimensional da voz: procedimentos utilizados por especialistas em voz do Brasil. In: XXIX Congresso Brasileiro e XI Congresso Internacional de Fonoaudiologia, 2021. Anais do XXIX Congresso Brasileiro e XI Congresso Internacional de Fonoaudiologia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. p. 1-9.
- ALMEIDA, A. A., LOPES, L. W., AGUIAR, A. C., OLIVEIRA, P., BEHLAU, M. Avaliação e diagnóstico do comportamento vocal. In: LEANDRO PERNAMBUCO, ANA MANHANI ASSENÇO. Fonoaudiologia: avaliação e diagnóstico. Rio de Janeiro: Thieme Revinter, 2021, v. 1, p. 1-430.
- ALMEIDA, L. Autoavaliação dos sintomas vocais e estratégias de enfrentamento na disfonia: nova perspectiva com base na Teoria de Resposta ao Item. 2020. Tese (Doutorado em Modelos de Decisão e Saúde) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- ALMEIDA, L. N., BEHLAU, M., RAMOS, N. D. S., BARBOSA, I. K., ALMEIDA, A. A. Factor Analysis of the Brazilian Version of the Voice-Related Quality of Life (V-RQOL) Questionnaire. *J Voice*. v. 36, n. 5, p. 736.e17-736.e24. (2022).
- ALMEIDA, L. N., NASCIMENTO, J. A. DO, BEHLAU, M., ROSENO, A. V., AGUIAR, A., ALMEIDA, A. A. Processo de validação de instrumentos de autoavaliação da voz no Brasil. *Audiol, Commun Res [Internet]*. v. 26, e2364. (2021).
- AMIR, O., ASHKENAZI, O., LEIBOVITZH, T., MICHAEL, O., TAVOR, Y., WOLF, M. Applying the Voice Handicap Index (VHI) to dysphonic and nondysphonic Hebrew speakers. *J Voice*. v. 20, n. 2, p. 318–324. (2006).
- AMIR, O., TAVOR, Y., LEIBOVITZH, T., ASHKENAZI, O., MICHAEL, O., PRIMOV-FEVER, A., WOLF, M. Evaluating the validity of the Voice Handicap Index-10 (VHI-10) among Hebrew speakers. *Otolaryngol Head Neck Surg*. v. 135, n. 4, p. 603–607. (2006).
- ASHA - American Speech-Language-Hearing Association. Voice Disorders evidence map: Assessment section. (2018).

- BANDEIRA, R. N. Avaliação multidimensional da voz como método de tomada de decisão na predição de transtornos mentais comuns em pacientes disfônicos. 2020. Tese (Doutorado em Modelos de Decisão e Saúde) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- BARBOSA, I., BEHLAU, M., ALMEIDA, L.N., RAMOS, N., LOPES, L., ALMEIDA, A. A. Validation of the Brazilian Scale of Perceived Control Over Voice in the Present using Item Response Theory. *J Voice*. (2023).
- BEHLAU, M., SANTOS, L. M. A., OLIVEIRA, G. Cross-cultural adaptation and validation of the voice handicap index into Brazilian Portuguese. *J Voice*. v. 25, n. 3, p. 354-9. (2011).
- BOGAARDT, H. C., HAKKESTEEGT, M. M., GROLMAN, W., LINDEBOOM, R. Validation of the voice handicap index using Rasch analysis. *J Voice*. v. 21, n. 3, p. 337-44. (2007).
- CARDING, P. N., WILSON, J. A., MACKENZIE, K., DEARY, I. J. Measuring voice outcomes: state of the science review. *J Laryngol Otol*. v. 123, n. 8, p. 823-9. (2009).
- CIELO, C. A., RIBEIRO, V. V., BASTILHA, G. R., SCHILLING, N. O. Qualidade de vida em voz, avaliação perceptivoauditiva e análise acústica da voz de professoras com queixas vocais. *Audiol, Commun Res [Internet]*. v. 20, n. 2, p. 130-40. (2015).
- COHEN, S. M., KIM, J., ROY, N., ASCHE, C., COUREY, M. Prevalence and causes of dysphonia in a large treatment-seeking population. *Laryngoscope*. v. 122, n. 2, p. 343-8. (2012).
- COSTA, D. B., LOPES, L. W., SILVA, E. G., CUNHA, G. M. S., ALMEIDA, L. N. A., ALMEIDA, A. A. F. Fatores de risco e emocionais na voz de professores com e sem queixas vocais. *Rev CEFAC [Internet]*. v. 15, n. 4, p. 1001-10. (2013).
- COSTA, T., OLIVEIRA, G., BEHLAU, M. Validation of the Voice Handicap Index: 10 (VHI-10) to the Brazilian Portuguese. *CoDAS [Internet]*. v. 25, n. 5, p. 482-5. (2013).
- COSTA, É. B. M., PERNAMBUCO, L. A. Autoavaliação vocal e avaliação perceptivo-auditiva da voz em mulheres com doença tireoidiana. *Rev CEFAC [Internet]*. v. 16, n. 3, p. 967-73. (2014).
- DEHQAN, A., YADEGARI, F., SCHERER, R. C., DABIRMOGHADAM, P. Correlation of VHI-30 to Acoustic Measurements Across Three Common Voice Disorders. *J Voice*. v. 31, n. 1, p. 34-40. (2016).
- EPSTEIN, R., HIRANI, S. P., STYGALL, J. et al. How do individuals cope with voice disorders? Introducing the voice disability coping questionnaire. *Journal of Voice*. v. 23, n. 2, p. 209-217. (2009).
- GASPARINI, G., BEHLAU, M. Quality of life: validation of the Brazilian version of the voice related quality-of-life (V-RQOL) measure. *J Voice*. v. 23, n. 1, p. 76-81. (2009).
- GONÇALVES, R. R. Medidas Acústicas Lineares e Cepstral em Indivíduos com Baixa e Alta Ansiedade. 2019. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Fonoaudiologia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.
- GUIMARÃES, I., ABBERTON, E. An investigation of the Voice Handicap Index with speakers of Portuguese: preliminary data. *J Voice*. v. 18, n. 1, p. 71-82. (2004).
- HAKKESTEEGT, M. M., WIERINGA, M. H., GERRITSMA, E. J., FEENSTRA, L. Reproducibility of the Dutch version of the Voice Handicap Index. *Folia Phoniatr Logop*. v. 58, n. 2, p. 132-138. (2006).

- HELIDONI, M. E., MURRY, T., MOSCHANDREAS, J., LIONIS, C., PRINTZA, A., VELEGRAKIS, G. A. Cross-cultural adaptation and validation of the Voice Handicap Index into Greek. *J Voice*. v. 24, n. 2, p. 221–227. (2010).
- HOGIKYAN, N. D., SETHURAMAN, G. Validation of an instrument to measure voice-related quality of life (V-RQOL). *J Voice*. v. 13, n. 4, p. 557-569. (1999).
- HSIUNG, M. W., LU, P., KANG, B. H., WANG, H. W. Measurement and validation of the Voice Handicap Index in voice-disordered patients in Taiwan. *J Laryngol Otol*. (2003). v. 117, n. 6, p. 478–481.
- JACOBSON, B. H., JOHNSON, A., GRYWALSKI, C., SILBERGLEIT, A., JACOBSON, G., BENNINGER, M. S., NEWMAN, C. W. The Voice Handicap Index (VHI): development and validation. *Am J Speech Lang Pathol*. v. 6, p. 66–70. (1997).
- KASAMA, S. T., BRASOLOTTO, A. G. Percepção vocal e qualidade de vida. *Pró-Fono R Atual Cient [Internet]*. v. 19, n. 1, p. 19–28. (2007).
- LAM, P. K. Y., CHAN, K. M., HO, W. K., KWONG, E., YIU, E. M., WEI, W. I. Cross-cultural adaptation and validation of the Chinese Voice Handicap Index-10. *Laryngoscope*. v. 116, n. 7, p. 1192–1198. (2006).
- LEITE, A. P. D., CARNEVALE, L. B., ROCHA, H. L., PEREIRA, C. A., FILHO, L. L. Relação entre autoavaliação vocal e dados da avaliação clínica em indivíduos disfônicos. *Rev CEFAC [Internet]*. v. 17, n. 1, p. 44–51. (2015).
- LOPES, L. W., SILVA, H. F., EVANGELISTA, D. S., SILVA, J. D., SIMÕES, L. B., COSTA E SILVA, P. O., et al. Relação entre os sintomas vocais, intensidade do desvio vocal e diagnóstico laríngeo em pacientes com distúrbios da voz. *CoDAS [Internet]*. v. 28, n. 4, p. 439–45. (2016).
- LOPES, L. W., SILVA, J. D., SIMÕES, L. B., EVANGELISTA, D. S., SILVA, P. O. C., ALMEIDA, A. A., LIMA-SILVA, M. F. B. Relationship Between Acoustic Measurements and Self-evaluation in Patients With Voice Disorders. *J Voice*. v. 31, n. 1, p. 119.e1-119.e10. (2017).
- LOPES, L. W., SOUSA, E. S. S., SILVA, A. C. F., SILVA, I. M., PAIVA, M. A. A., VIEIRA, V. J. D., et al. Medidas cepstrais na avaliação da intensidade do desvio vocal. *CoDAS [Internet]*. v. 31, n. 4, e20180175. (2019).
- MISONO, S., MEREDITH, L., PETERSON, C. B., FRAZIER, P. A. New Perspective on Psychosocial Distress in Patients with Dysphonia: The Moderating Role of Perceived Control. *J Voice*. v. 30, n. 2, p. 172-6. (2016).
- NAWKA, T., WIESMANN, U., GONNERMANN, U. Validierung des Voice Handicap Index (VHI) in der deutschen Fassung. [Validation of the German version of the Voice Handicap Index (VHI)]. *HNO*. v. 51, n. 11, p. 921–929. (2003).
- NUNEZ-BATALLA, F., CORTE-SANTOS, P., SENARIS-GONZALEZ, B., LIORANTE-PENDAS, J. L., GORRIZ-GIL, C., SUAREZ-NIETO, C. Adaptation and validation to the Spanish of the Voice Handicap Index (VHI-30) and its shortened version (VHI-10). *Acta Otorrinolaringol Esp*. v. 58, n. 9, p. 386–392. (2007).
- OLIVEIRA, G., HIRANI, S. P., EPSTEIN, R. G. et al. Coping strategies in voice disorders of a Brazilian population. *Journal of Voice*. v. 26, n. 2, p. 205-213. (2012).
- PATEL, R. R., AWAN, S. N., BARKMEIER-KRAEMER, J., COUREY, M., DELIYSKI, D., EADIE, T., PAUL, D., ŠVEC, J. G., HILLMAN, R. Recommended Protocols for Instrumental

Assessment of Voice: American Speech-Language-Hearing Association Expert Panel to Develop a Protocol for Instrumental Assessment of Vocal Function. *Am J Speech Lang Pathol.* v. 27, n. 3, p. 887-905. (2018).

PERNAMBUCO, L., ESPELT, A., MAGALHÃES JUNIOR, H. V., LIMA, K. C. Recomendações para elaboração, tradução, adaptação transcultural e processo de validação de testes em Fonoaudiologia. *CoDAS [Internet]*. v. 29, n. 3, e20160217. (2017).

PRUSZEWICZ, A., OBREBOWSKI, A., WISKIRSKA-WOZNICA, B., WOJNOWSKI, W. Complex voice assessment—polish version of the Voice Handicap Index (VHI). *Otolaryngol Pol.* v. 58, n. 3, p. 547–549. (2004).

RAMOS, N. S., COELHO, H. F. C., SANTOS, J. P., ALMEIDA, L. N. A., ALMEIDA, A. A. Validação do Índice de Desvantagem Vocal (IDV) com base na Teoria de Resposta ao Item. In: 5th Congresso Íbero-Americano, 28th Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia [online], 2020. Anais do 5th Congresso Íbero-Americano, 28th Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. p. 1-1.

ROY, N., BARKMEIER-KRAEMER, J., EADIE, T., SIVASANKAR, M. P., MEHTA, D., PAUL, D., HILLMAN, R. Evidence-based clinical voice assessment: a systematic review. *Am J Speech Lang Pathol.* v. 22, n. 2, p. 212-26. (2013).

RUEL, B., THIBEAULT, S. Is There a Relationship Between Vocal Effort and VHI? *J Voice.* v. 34, n. 5, p. 809.e11-809.e18. (2020).

SCHINDLER, A., MOZZANICA, F., VEDRODY, M., MARUZZI, P., OTTAVIANI, F. Correlation between the Voice Handicap Index and voice measurements in four groups of patients with dysphonia. *Otolaryngol Head Neck Surg.* v. 141, n. 6, p. 762-9. (2009).

TEIXEIRA, L. C., RODRIGUES, A. L. V., SILVA, A. F. G. L. et al. Escala URICA-Voz para identificação de estágios de adesão ao tratamento de voz. *CoDAS.* v. 25, n. 1, p. 8-15. (2013).

UGULINO, A. C., OLIVEIRA, G., BEHLAU, M. Perceived dysphonia by the clinician's and patient's viewpoint. *J Soc Bras Fonoaudiol [Internet]*. v. 24, n. 2, p. 113–8. (2012).

VITAL, H. R. M. C., LIMA-SILVA, M. F. B., ALMEIDA, L. N. A., ALMEIDA, A. A. F. Sintomas vocais auditivos e proprioceptivos pré e pós-terapia de grupo de pacientes com disfonia. *Rev CEFAC [Internet]*. v. 18, n. 5, p. 1189–99. (2016).

WHEELER, K. M., COLLINS, S. P., SAPIENZA, C. M. The relationship between VHI scores and specific acoustic measures of mildly disordered voice production. *J Voice.* (2006). v. 20, n. 2, p. 308-17.

WOISARD, V., BODIN, S., PUECH, M. The Voice Handicap Index: impact of the translation in French on the validation. *Rev Laryngol Otol Rhinol.* v. 125, n. 5, p. 307–312. (2004).

YAMASAKI, R., MADAZIO, G., LEÃO, S. H. S., PADOVANI, M., AZEVEDO, R., BEHLAU, M. Auditory-perceptual Evaluation of Normal and Dysphonic Voices Using the Voice Deviation Scale. *J Voice.* v. 31, n. 1, p. 67-71. (2017).

ZHAO, E. E., NGUYEN, S. A., SALVADOR, C. D., O'ROURKE, A. K. A Meta-Analysis of the Association Between the Voice Handicap Index and Objective Voice Analysis. *J Speech Lang Hear Res.* v. 63, n. 10, p. 3461-3471. (2020).

RISCO DE HOSPITALIZAÇÃO DE PESSOAS DURANTE A PRIMEIRA E A SEGUNDA ONDA DA COVID-19 NA PARAÍBA.

Iana Sâmella Alcântara de Lima¹; Rayane Farias²; Renata Rabelo²; Maria de Lourdes Farias Pontes³

Resumo

A pandemia de COVID-19 teve início em 2020, causando grande impacto global e no Brasil. Com base na rápida disseminação do vírus e suas características patogênicas, investigou-se o risco de hospitalização na Paraíba durante a primeira e segunda ondas da doença, tendo como objetivo avaliar o risco de hospitalização de pessoas acometidas pela COVID-19 durante a primeira e segunda onda da doença na Paraíba. Utilizando-se dados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS, foram analisados o perfil sociodemográfico e clínico dos pacientes. Observou-se que idosos, homens e moradores urbanos apresentaram maior risco de hospitalização. Além disso, comorbidades como diabetes, obesidade e doenças neurológicas aumentaram significativamente o risco. Esses resultados contribuem para o entendimento do cenário epidemiológico local e podem informar estratégias de prevenção e gestão de saúde pública, visando mitigar o impacto da COVID-19 na população paraibana.

Palavras-chave: Hospitalização. COVID-19. Risco.

Apresentação

A pandemia de COVID-19 trouxe uma emergência epidemiológica global. Desde o primeiro caso de COVID-19 no Brasil, registrado em fevereiro de 2020, a patologia se disseminou rapidamente. Em apenas seis meses, o país já estava entre os líderes de casos e óbitos, o que aponta para a urgência de estudos concernentes à patologia e suas complicações, como a hospitalização. Nesse sentido, o presente estudo, vinculado ao Grupo de estudos e pesquisas em envelhecimento (GEPEP), vinculado ao Programa de Pós Graduação em Enfermagem da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O objetivo principal deste estudo foi avaliar o risco de hospitalização de pessoas afetadas pela COVID-19 durante a primeira e segunda onda da doença na Paraíba. Além disso, buscamos identificar as características sociodemográficas dos indivíduos hospitalizados e os fatores de proteção e risco associados a esse desfecho. Adotou-se uma abordagem observacional, epidemiológica, descritiva e retrospectiva, utilizando dados secundários dos Sistemas de Informação em Saúde, especialmente o Sistema de Informações Hospitalares do

¹ iana.samella@academico.ufpb.br

² farias.almeidarayane@gmail.com

² renatarabelo@hotmail.com

³ profa.lourdespontes@gmail.com, Morbimortalidade/Risco de hospitalização, telefone e e-mail do vínculo da instituição bolsa

SUS (SIHSUS). A análise abrangeu o período de março de 2020 a março de 2021 e incluiu hospitalizações relacionadas à COVID-19 notificadas no estado da Paraíba.

Durante o primeiro ano da pandemia, foram registradas 24.702 hospitalizações por COVID-19 na Paraíba. Observou-se uma maior prevalência de hospitalizações entre idosos, indivíduos do sexo masculino e residentes em áreas urbanas. Além disso, pode-se identificar fatores clínicos significativos associados ao risco de hospitalização, como a presença de comorbidades e sintomas específicos da doença. Portanto, os resultados deste estudo fornecem resultados cruciais para o planejamento de políticas de saúde na Paraíba. Ao compreender melhor o perfil dos pacientes hospitalizados e os fatores de risco envolvidos, pode-se direcionar de forma mais eficaz os recursos e estratégias de prevenção e assistência.

Fundamentação teórica

Em março de 2020, a Organização Mundial de Saúde - OMS, declarou a pandemia pelo novo coronavírus (SARS-COV), desde então se estabeleceu uma emergência epidemiológica em todo o mundo, com consequências importantes para os Sistemas de Saúde mundiais. No Brasil, o primeiro caso da COVID-19 foi notificado no dia 26 de fevereiro de 2020, em São Paulo, e após 6 meses alcançou a segunda posição em números de casos e óbito por COVID-19, ficando atrás só dos EUA. Um ano após o início da pandemia, o país apresenta 15.359.397 casos e 428.034 óbitos (Brasil, 2021a; 2020b;).

Com base nesses dados, observa-se que este vírus rapidamente alcançou o mundo, demandando respostas rápidas e muitas vezes imprecisas por não conhecer as suas características patogênicas.

Estudos descrevem o agente etiológico da COVID-19 como patógeno altamente transmissível, que possui como principal forma de transmissão as gotículas (partículas grandes >5 mm, movendo-se de 1 a 2 metros) que se originam quando uma pessoa infectada espirra ou tosse; o período médio de incubação compreende entre cinco dias, variando de zero a 14 dias (Wang et al., 2020 b). As suas manifestações clínicas são bastante variadas, transitando entre casos assintomáticos a formas mais graves da doença. Os principais sintomas clínicos são: febre (87,9%), tosse (66,7%) e fadiga (38,1%) (OMS, 2020c).

Um dos grandes desafios dessa doença, são a ocorrência de quadros graves e a necessidade de hospitalização (Huang et al., 2020). Registra-se que cerca de 20% dos pacientes hospitalizados por COVID-19 desenvolvem complicações severas, incluindo insuficiência respiratória, Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), choque, delirium e disfunção de múltiplos órgãos. (Yang et al., 2020), o que demanda o uso de terapias de suporte

a órgãos com ventilação mecânica prolongada e longas permanências na unidade de terapia intensiva (UTI) e no hospital (Grasselli et al., 2020).

Resultados de estudos observacionais com sobreviventes da doença grave mostram a ocorrência de incapacidades, dependência para atividades de vida diária, ansiedade, depressão, disfunção cognitiva e Transtorno de Estresse Pós-traumático (TEPT), além disso resulta em menor qualidade de vida e sobrevivência em longo prazo quando comparados à população em geral. (Rosa et al. 2020; Richardson et al., 2020).

Diante desses sérios desfechos que a hospitalização por COVID-19 pode ocasionar ao indivíduo e no grande impacto na Saúde Pública, as ações de vigilância epidemiológica representa papel essencial, não somente na notificação, investigação e encerramento dos casos, mas também na identificação das características da população acometida e dos fatores associados à maior gravidade e letalidade da nova doença, contribuindo para o planejamento da assistência e o enfrentamento da pandemia.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar o risco de hospitalização de pessoas acometidas pela COVID-19 durante a primeira e segunda onda da doença na Paraíba.

Metodologia

Tipo de estudo

Trata-se de um estudo observacional, epidemiológico, descritivo, retrospectivo, com abordagem quantitativa, que foi desenvolvido no setor de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde da Paraíba, a partir de fonte de dados secundários dos Sistemas de Informação em Saúde utilizados para notificação de hospitalizações relacionados ao COVID-19, o Sistema de Informações Hospitalares do SUS – SIHSUS.

Os estudos descritivos têm por finalidade determinar a distribuição de doenças ou condições relacionadas à saúde, segundo o tempo, o lugar e/ou as características dos indivíduos. A epidemiologia descritiva pode utilizar dados secundários ou primários para a determinação de incidência (casos novos) ou a prevalência (casos existentes) de uma doença ou condição relacionada à saúde, que varia de acordo com determinadas características, como sexo, idade, escolaridade e renda, entre outras. Desta forma, estudos epidemiológicos possibilitam a composição de subsídios para a formulação de políticas de saúde adequadas para a população (Bonita; Beaglehole; Kellstrom, 2010).

Cenário da pesquisa

O Estado da Paraíba tem uma população de 3.766.528 habitantes, distribuída em 223 municípios, os quais estão organizados em quatro macrorregiões assistenciais de saúde, agregando cada uma a um determinado número de municípios. A primeira macrorregião é polarizada pelo município de João Pessoa, a segunda por Campina Grande, a terceira por Patos e a quarta por Sousa (Secretaria estadual de saúde, 2016).

Nas macrorregiões atuam 16 Gerências Regionais de Saúde, com capacidade funcional para administrar as ações técnico-administrativas em saúde do Estado, com sedes que se situam nas cidades de João Pessoa, Guarabira, Esperança, Cuité, Monteiro, Patos, Piancó, Catolé do Rocha, Cajazeiras, Sousa, Princesa Isabel, Itabaiana, Pombal, Mamanguape, Queimadas e Campina Grande (Secretaria estadual de saúde, 2016).

População, amostra, critérios de inclusão e exclusão

A população do estudo foi constituída por hospitalizações relacionadas a COVID-19 notificadas nos Sistemas de Informação e-SUS e SIHSUS no período de março de 2020 a março de 2021 no Estado da Paraíba.

Para identificação desta população, considerou-se a Décima Revisão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID-10), os casos em que houve diagnóstico confirmado pelo registro CID B34.2 – Infecção por coronavírus de localização não especificada.

A amostra foi definida pelo cálculo amostral para populações finitas, admitindo-se um nível de significância de 5% e, um erro amostral de 0,5 sob nível de confiança de 95%.

Os critérios para inclusão das pessoas neste estudo foram definidos por idade igual ou superior a 18 anos, com diagnóstico confirmado de COVID-19 notificados no período de março de 2020 a março de 2021 e com dados completos pertinentes à pesquisa.

Como critérios de exclusão foram definidos: gestantes, pessoas do sistema prisional e com dados incompletos na ficha de notificação.

Variáveis e instrumentos para coleta de dados

Os dados foram coletados por meio de Relatórios gerados pelo e-SUS VE da GVE-SES provenientes da Ficha de Investigação de Suspeito de Doença pelo Coronavírus 2019 – COVID-19

Para caracterização da população e investigação das hospitalizações foram coletados os dados sociodemográficos (idade, sexo, raça, nacionalidade, se profissional de saúde, município de residência), clínicos-epidemiológicos (data de notificação, data do início dos sintomas, sintomas, fatores de risco/morbididades, resultado do teste para COVID-19, classificação e evolução do caso), internação (data da internação, município de internação, internação na UTI, desfecho da internação: alta/óbito/data).

Análise e interpretação dos dados

Os dados foram dispostos em planilha eletrônica do Microsoft Office Excel 2013, armazenados e analisados através do programa R versão 3.2.4, por meio de estatística descritiva, análise univariada, bivariada e prevalência. Foi aplicada a estatística descritiva (frequências, média, mediana), teste de associação do Qui-quadrado de Pearson (χ^2) entre a variável dependente (casos e hospitalizações) e as variáveis independentes (sociodemográficas, clínicas e epidemiológicas) adotando $p \leq 0,05$.

Considerações éticas

Considerando que a coleta de dados utilizou banco de dados que não é de domínio público, com consulta de fonte de dados secundários, por meio de Sistemas de Informação em Saúde, o presente projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (CCS/UFPB), recebendo CAAE 34641620.0.0000.5188, com parecer N° 4.736.237 atendendo às recomendações contidas na Resolução n° 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde que dispõe das diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, assim como, foi solicitada a autorização por escrito para o levantamento de dados a Secretaria de Estado da Saúde da Paraíba para o desenvolvimento da pesquisa.

Ressalta-se que o banco de dados de acesso aos pesquisadores não conteve informações pessoais, resguardando o anonimato dos participantes. Reconhece-se a inviabilidade de obtenção do consentimento da população do estudo, tendo em vista a inacessibilidade aos mesmos, o que justificaria a dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A equipe de pesquisa utilizou as fontes de dados para obter estritamente as variáveis de interesse do estudo, atentando para a garantia do sigilo e confidencialidade das informações obtidas, bem como da preservação do anonimato dos sujeitos no ato da divulgação dos

resultados, os quais ocorrerão em eventos e veículos de divulgação científica, mediante certidão definitiva do Comitê de Ética em Pesquisa.

Limitações do estudo

Dentre as limitações que o estudo apresenta, destaca-se o fato dos dados serem provenientes de fontes secundárias (Sistemas de Informação em Saúde), portanto, assume-se os possíveis vieses relacionados à presença de dados lacunares ou incompletos, e/ou erros nos registros.

Resultados e discussão

Durante o primeiro ano da pandemia, foram registradas 24.702 hospitalizações por COVID-19 no estado da Paraíba. No que tange ao perfil sociodemográfico dos indivíduos hospitalizados, 53,16% afirmaram ser do gênero masculino, 69,18% são pardos e 50,84% estavam com 60 anos ou mais na época da coleta de dados e quanto à zona de origem, 80,73% são advindos da zona urbana (Tabela 1).

Tabela 1 - Características sociodemográficas das pessoas hospitalizadas pela COVID-19 na Paraíba, durante o primeiro ano de pandemia.

Variáveis	Categorias	N	%
Gênero	Feminino	11.567	46,83
	Masculino	13.131	53,16
	NA*	4	0,01
	TOTAL	24.702	100,00
Idade	Até 1 ano	148	0,59
	1 a 5 anos	1.158	4,69
	6 a 10 anos	496	2,01
	11 a 19 anos	668	2,70
	20 a 29 anos	1.243	5,03
	30 a 39 anos	2.137	8,65
	40 a 49 anos	2.706	10,95
	50 a 59 anos	3.587	14,52
	60 a 69 anos	4.001	16,20

	70 a 79 anos	4.221	17,09
	80 anos ou +	4.336	17,55
	NA	1	<0,01
	TOTAL	24.702	100,00
Cor/Raça	Branca	3.071	12,43
	Preta	489	1,98
	Amarela	476	1,93
	Parda	17.089	69,18
	Indígena	52	0,21
	NA	3.525	14,27
	TOTAL	24.702	100,00
Zona Urbana/Rural	Urbana	19.941	80,73
	Rural	2.033	8,23
	Periurbana	37	0,15
	NA	2.691	10,89
	TOTAL	24.702	100,00

*NA - Nenhuma das alternativas

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Os resultados do estudo revelaram que houve maior prevalência de hospitalizações entre idosos (60 anos ou mais) do que em adultos e crianças. Tal achado concorda com estudo transversal acerca de hospitalizações por COVID-19, realizado no estado do Espírito Santo, em que a prevalência de hospitalizações aumentou 27,35% entre os indivíduos idosos. A associação entre a idade avançada e a hospitalização pode ser justificada pelo fato de que com o avanço da idade, há uma redução das reservas fisiológicas, o que faz com que a população idosa esteja mais vulnerável a desfechos negativos à saúde. Além disso, as comorbidades, bastante prevalentes dentre idosos, também são fatores de risco para hospitalização por COVID-19 (Mascarello et al., 2021).

Quanto ao gênero, o risco de internação foi mais prevalente no gênero masculino, semelhante aos achados na literatura, os quais demonstram que as internações foram mais frequentes entre indivíduos do sexo masculino, apresentando uma porcentagem de risco maior do que o feminino. Isso pode ser explicado devido a diferenças imunológicas, biológicas, sociais e comportamentais (como a menor adesão às medidas de proteção recomendadas pelo

ministério da saúde, ocupação e consumo de álcool e tabaco), o que pode torná-los mais suscetíveis a desenvolverem casos em que houve necessidade de hospitalização (Lana et al., 2021) (Mascarello et al., 2021).

No que tange à zona de origem, indivíduos advindos da zona urbana tiveram mais risco de hospitalização. Os centros urbanos favorecem a disseminação do vírus pelas características relacionadas à densidade populacional, meios de transporte coletivos, dinâmica da cidade e estrutura geoespacial (Sathler; Leiva, 2022). Estudo realizado em Dakota do Norte - Estados Unidos, mostra que essa maior taxa de risco de indivíduos advindos da zona urbana pode estar relacionada aos aglomerados e ao tamanho da população que habita nessa zona (Khan et al., 2023).

Quando aplicados os modelos de Cox para estimar as taxas de risco de hospitalização, apenas foram significativos ao nível de 1% de significância, a tosse, dispnéia, vômito, outros sintomas, doença neurológica, obesidade e, se o indivíduo estava vacinado ou não. Os resultados dos modelos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Taxas de risco de hospitalização dos modelos Cox que foram significativos ao nível de 1% de significância.

Variável	Categoria de risco	Estimativa	Erro padrão	P-valor	RTF	IC(95%)
Tosse	Sim	-0,0975	0,0205	<0,01	0,9071	(0,87;0,94)
Dispnéia	Sim	-0,0632	0,0220	<0,01	0,9387	(0,90;0,98)
Vômito	Sim	0,1801	0,0375	<0,01	1,1970	(1,11;1,29)
Outros sintomas	Sim	-0,1451	0,0203	<0,01	0,8649	(0,83;0,90)
Doença Neurológica	Sim	0,2426	0,0440	<0,01	1,2750	(1,17;1,39)
Obesidade	Sim	-0,1752	0,0396	<0,01	0,8393	(0,78;0,91)

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Das variáveis significativas, as que apresentaram maior risco de internação por COVID-19 quando presentes foram: vômito, com aproximadamente 20% a mais de chance de internação; doença neurológica, com cerca de 27% a mais de risco;

As variáveis identificadas como fator de proteção para internação por COVID-19 foram tosse, dispnéia, outros sintomas não listados e obesidade, com diminuição de aproximadamente 10%, 7%, 14% e 17% no risco de internação, respectivamente. Essa análise discorda de outros achados na literatura, em que a sintomatologia, como a dispnéia e a tosse foram considerados como fatores de risco para a maior gravidade da doença e consequente hospitalização (Hamdan et al., 2021) (Nascimento et al., 2022) (Costa., 2022).

Utilizando as variáveis identificadas como relevantes pelos testes de log-rank e Peto, foi encontrado um modelo de Cox que obteve significância, com p-valores dos testes de razão de

verossimilhanças, Wald e Score menores que 0,01 (Tabela 3). O nível de concordância do modelo (R^2) é de 0,559 (desvio padrão 0,008).

Tabela 3 - Modelo de Cox final com nível de escolaridade e doença neurológica.

Variável	Categoria de risco	Estimativa	Erro padrão	P-valor	Risco Relativo	IC(95%)
Doença Neurológica	Sim	0,2839	0,0830	<0,01	1,3283	(1,13;1,56)

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

As estimativas quanto às taxas de risco de hospitalização indicam que fatores clínicos, como o estado de comorbidades foram significativas para que houvesse internações, como a diabetes mellitus, obesidade e doenças neurológicas, que também foram descritas em outros estudos, comprovando que a presença de comorbidades aumenta o risco de hospitalização por COVID-19 (Toprak et al., 2023) (Sandhu et al., 2023).

Conclusões

O estudo apresentou um panorama acerca do risco de hospitalização de pessoas durante a primeira e a segunda onda de COVID-19 na Paraíba. A partir de análises estatísticas, verificou-se que houve maior risco de hospitalização em indivíduos do gênero masculino, pardos, com 60 anos ou mais e, no que tange à distribuição espacial, advindos da zona urbana.

Além disso, observou-se, também, que variáveis clínicas, como as comorbidades referidas pelos pacientes, a sintomatologia e a imunização interferem diretamente no risco de internação. Isso porque pacientes que apresentam doenças pré-existentes, com maiores sintomas (como dispnéia, e tosse) e sem imunização adequada, estão em maior vulnerabilidade e, conseqüentemente, apresentam maior risco de serem hospitalizados.

Destarte, os resultados deste estudo visam auxiliar a traçar o perfil de hospitalização e a avaliar o risco de internação por COVID-19 no estado da Paraíba, com a finalidade de colaborar para o conhecimento dos profissionais de saúde que atuam no cuidado aos pacientes acometidos por síndromes respiratórias, como o coronavírus, em todos os níveis de atenção à saúde, tendo como foco a prevenção, promoção e reabilitação de saúde.

Referências bibliográficas

Bonita, R; Beaglehole, R; Kjellström, T. Epidemiologia básica. 2.ed. São Paulo, Santos: Livraria Santos Editora Com. Imp. Ltda, 2010.

Brasil. Ministério da Saúde. Painel Coronavírus.2020a. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 29 de jun. de 2020.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis. Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunizações. Informe Técnico da Campanha Nacional de Vacinação contra a Covid-19. Brasília, 2021b. Disponível em: https://www.conasems.org.br/wp-content/uploads/2021/01/Informe_Tecnico_Vacina_COVID-19.pdf. Acesso em: 22 de maio de 2021

Costa, M. P. **Perfil sociodemográfico dos pacientes hospitalizados por Covid-19 no Brasil em 2021**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

Grasselli, G.; Zangrillo, A.; Zanella, A. et al. Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. **JAMA**. 2020, v. 323, n.16, p.1574-81.

Huang, C.; Wang, Y.; LI, X. et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. **Lancet**. v.395, n.10223, p.497-506, 2020. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2930183-5>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

Hamdan, M., et al. Risk factors associated with hospitalization owing to COVID-19: a cross-sectional study in Palestine. **Journal of International Medical Research**, v. 49, n. 12, 2021.

Khan, M. M., et al. Geographic disparities and temporal changes of COVID-19 hospitalization risks in North Dakota. **Front Public Health**, v. 11, 2023.

Lana, R. M., et al. Identificação de grupos prioritários para a vacinação contra COVID-19 no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, 2021.

Mascarello, K. C., et al. Hospitalização e morte por COVID-19 e sua relação com determinantes sociais da saúde e morbidades no Espírito Santo: um estudo transversal. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 30, p. e2020919, 2021.

Nascimento, I. M. G, et al. Clinical-epidemiological profile of hospitalization cases by COVID-19 in the ninth health region of Paraíba, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e29011124761, 2022.

Organização mundial da saúde (OMS). Painel do Coronavírus da OMS. 2020c. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

Richardson, S.; Hirsch, J.S.; Narasimhan, M et al. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City Area. **JAMA**. 2020; v.323, n. 20, p. 2052-9.

Rosa, R.G. et al. Qualidade de vida e desfechos em longo prazo após hospitalização por COVID-19: Protocolo para um estudo de coorte prospectivo (Coalizão VII). **Rev Bras Ter Intensiva**. v.33, n.1, p:31-37, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbti/v33n1/0103-507X-rbti-33-01-0031.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

Sandhu, H.P., et al. Outpatient medications associated with protection from COVID-19 hospitalization. **PLoS One**, v. 18, n. 5, 2023. Disponível: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10065249/>. Acesso: 13 de jun. 2023.

Secretaria do Estado da Saúde. Plano Estadual de Saúde 2016-2019. Aprovado pelo Conselho Estadual de Saúde Resolução nº 0123, de 02 de fevereiro de 2016, 2016. Disponível em: https://www.conass.org.br/pdf/planos-estaduais-de-saude/PB_Plano%20Estadual%20de%20Saude%202016_2019.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2021.

Toprak, B.O. et al. COVID-19: booster(s) vs. hospitalization and Intensive Care Unit admission. **Eur Rev Med Pharmacol Sci**, v. 27, p. 2132-2142, 2023.

Tomaz, J.; Borilli, D. K.; Pereira, D. K. S. A Influência da vacinação em pacientes com comorbidades e reincidentes ao vírus da COVID-19. **Revista Foco**, v. 16, n. 7, p. e2338-e2338, 2023.

Yang, X.; Y.Y.; XU, J.; Shu, H.; et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. **Lancet Respir Med**. 2020, v.8, n.5. p. 475-8. Disponível: [https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600\(20\)30079-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600(20)30079-5/fulltext). Acesso: 22 de mai. 2020.

Wang. W.; Tang. J.; Wei, F. Updated understanding of the outbreak of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in Wuhan, China. **J Med Virol**. v. 92, n. 4, p.441-447, 2020b. Disponível: <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/research-jmedvir-updatedunderstanding.pdf?la=en>. Acesso em: 15 de ago de 2023

ANÁLISE PARASITOLÓGICA DA ÁGUA POTÁVEL E DE RIOS NO MUNICÍPIO DE CABEDELO - PB

Luis Guilherme De Moura Lins Farias Costa^{1*}, Rafaelly do Nascimento Marques^{1**}, Ana Carolina Bernardes Dulgheroff^{2*}, João Felipe Bezerra^{2**}, Ronaldo Rodrigues Sarmiento^{3*}.

RESUMO

A água é um dos bens mais importantes do ecossistema por ser indispensável na manutenção da vida. No entanto, atualmente este recurso inigualável vem sendo alvo de contaminações humanísticas, que o transforma em um veículo de diversos parasitas e microrganismos. O descaso no tratamento de esgotos, na educação ambiental, a falha no saneamento básico proporcionam vulnerabilidade à saúde da população, que direta ou indiretamente, está exposta diariamente àquele ambiente, tornando-se um problema de saúde pública. Ademais, vale destacar as condições precárias de higiene e condições de vida (SILVA, E. L. M. da, et al; 2022) como fator impulsionador e correlato a isso, o baixo índice educacional entre as pessoas que moram nessas regiões. Desse modo, buscou-se analisar a qualidade das águas que chegam até os moradores do município de Cabedelo, no estado da Paraíba. A cidade é conhecida pelo belo pôr sol, banhado pelos rios Mandacaru e Paraíba, que funcionam como fonte de subsídio para diversas famílias que vivem da pesca e turismo e, para além destas funções, foram ponto do estudo deste projeto. Para análise, realizou-se a coleta em Tubos Falcon- 50 mL estéreis, em diferentes pontos dos rios para verificar a extensão das margens analisadas, bem como em residências para comparações posteriores. Após a coleta, as amostras foram deixadas em repouso e refrigeração durante um período de 24 horas. Conseqüentemente, foi possível constatar que a água que chega aos moradores deste município através das torneiras, passa por um tratamento eficaz, que torna apta ao consumo humano. No entanto, não isenta a necessidade de políticas públicas e educacionais para os residentes daquela região, visando que ainda foram detectados parasitas patógenos nas mediações dos setores coletados.

Palavras-chave: Contaminação; Análise Parasitológica;

(1) ^{1*}guilhermemooura1@gmail.com; ^{1**}rafaelly.marques@academico.ufpb.br

(2) ^{2*}acbd@academico.ufpb.br; ^{2**}jfb_rn@hotmail.com

(3) ^{3*}ronaldo.sarmiento@academico.ufpb.br; Projeto: “Coleta e avaliação parasitológica da água de abastecimento no município de Cabedelo-PB”;

Contato: coordenacao@ets.ufpb.br, Telefone: (83) 3216-7400.

Apresentação

O acesso à água tratada é direito básico essencial humano. No entanto, águas de má qualidade apresentam, nos dias atuais, grande preocupação a dirigentes, gestores e a população, tanto a disponibilidade, quanto a qualidade para o consumo humano. A ideia de que esse recurso é de fundamental importância para a vida está clara e evidenciada pelas diferentes áreas do conhecimento, tornando-se imprescindível controlar e exigir, por meio de regulamentos técnicos específicos, as condições adequadas para esse recurso vital ser distribuído à população.

A contaminação das águas está vinculada à transmissão de inúmeras doenças, principalmente as parasitárias. A contaminação de recursos hídricos por protozoários patogênicos têm ocorrido em todo o mundo. Fatores como falhas no tratamento do esgoto, falta de saneamento básico, superpopulação, falta de assistência médica, problemas com o diagnóstico e a baixa escolaridade dos moradores estão diretamente correlacionados. Além disso, as doenças infecciosas e parasitárias estão dentre as principais causas de morte da população, configurando-se, desta forma, uma preocupante problemática da saúde pública, como indicado por Silva *et al.* (2022). Portanto, é de suma importância que a população tenha acesso a água bem tratada e de qualidade, para que esta possa ser consumida sem apresentar riscos à saúde dos que a consomem.

O abastecimento de água do município de Cabedelo, na Paraíba, vem através dos rios locais. A estação de tratamento da Companhia de água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) capta a água, trata e envia à população, que conta com mais de 66 mil habitantes, segundo o Censo de 2022. Os rios locais do município de Cabedelo, além de contribuir com o abastecimento de água da região, possuem um forte valor social, cultural e econômico para as comunidades locais, que utilizam deste recurso como fonte de renda, lazer, transporte, moradia, entre outras atividades.

De acordo com a pesquisa realizada por Silva, Conserva e Oliveira (2011), membros das comunidades ribeirinhas consideram o mangue do rio Paraíba, um dos principais rios que deságuam no município de Cabedelo, um meio de vida e sobrevivência. Além disso, este mesmo estudo revela preocupações dos moradores com a diminuição da atividade de pesca de mariscos na região, e, quando questionados sobre as razões que acreditam estar relacionado a esta problemática e outros desafios na mariscagem, os pescadores elencam o despejo de esgoto, lixo hospitalar e lixo doméstico como algumas das principais causas.

A partir disso destaca-se a importância da qualidade da água para os indivíduos da região de Cabedelo - PB e compreende-se que a transmissão de doenças parasitárias através das águas é uma problemática da saúde pública de grande relevância social, pois, além de garantir qualidade de vida, as águas proporcionam desenvolvimento econômico e de extremo valor cultural para diversas comunidades do município.

É nesse contexto que se insere as atividades do projeto “Coleta e avaliação parasitológica da água de abastecimento do município de Cabedelo-PB”, que atua no Centro Profissional e Tecnológico (CPT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Sob a coordenação do Prof. Dr. Ronaldo Rodrigues Sarmiento - Biomédico Doutor em Gerontologia Médica - o projeto tem como objetivo realizar uma análise parasitológica da água que abastece o município de Cabedelo - PB, de maneira quantitativa e qualitativa. O projeto foi desenvolvido no ano de 2023 e fez parte dos projetos de iniciação científica (PIBIC) da UFPB. A pesquisa apresentada neste capítulo tem como objetivo avaliar a qualidade parasitológica da água potável disponibilizada para o consumo da população do município de Cabedelo - PB e a água dos rios Mandacaru e Paraíba, que banham a região.

Fundamentação teórica

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência das populações. Porém, a sua crescente deterioração é multicausal (Machado, Carlos José Saldanha, 2004). Sendo assim, um dos principais impulsionadores é a falta de saneamento básico, esse fator acomete a saúde humana podendo ocasionar diversas parasitoses de interesse clínico (HECK, Tatiana Moraes da Silva *et al*, 2021).

A pesquisa foi realizada com o intuito de promover informação e conhecimento sobre a qualidade da água que é utilizada pela população, seja como fonte de subsistência, afazeres domésticos, consumo próprio, pescados, com o intuito de promover a diminuição de ações antrópicas a partir de bases de educação ambiental, turismo, políticas públicas, saneamento básico.(DA SILVA, Brendon Barbosa et al, 2018; FURTADO, Luis Fernando Viana,2021).

Os Parasitas são seres que, dentro das relações ecológicas, mantêm uma relação desarmônica interespecífica, em que apenas um dos envolvidos é beneficiado, enquanto seu hospedeiro não. Esse parasitismo originou-se a partir da coabitação entre espécies (Parasitologia Humana, 13ª edição. NEVES, David). Assim, quando o hospedeiro passa a ser o homem, essa relação unilateral começa a interferir na saúde do indivíduo, sendo indicativo de lacunas nos direitos do cidadão ao lazer e boa infraestrutura e, na falta de acesso a redes básicas de saúde esse defeito se amplia.

O uso dos rios que cercam o município como fonte de abastecimento hídrico para a população reflete em questões consideráveis, já que com a pesquisa, constatou-se que a água chega tratada e sem identificação de parasitas, porém o pescado proveniente da mesma água, pode ser um vetor a ser considerado.

As parasitoses são as infecções que se desenvolvem a partir da proliferação parasitária no interior do hospedeiro. No Brasil, é comum índices elevados de DIP - Doenças Infecciosas e Parasitárias por possuírem regiões endêmicas em países menos desenvolvidos, sendo responsáveis por milhares de mortes anualmente, chegando a 17% (SILVA, E. L. M. da, 2022).

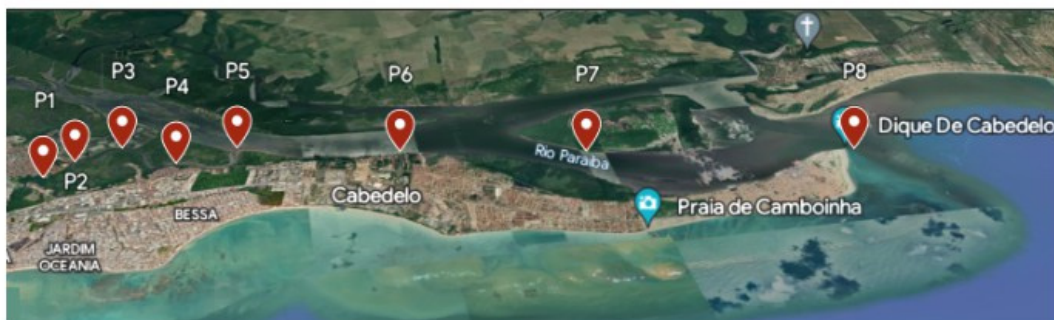
O presente estudo teve por base artigos relacionados a análise qualitativa de águas de abastecimento de diversos municípios, com objetivos semelhantes, na área da patologia clínica e medicina. O tema “Coleta e avaliação parasitológica da água de abastecimento do município de Cabedelo-PB”, partiu de análise prévia dos pontos que seriam, com o intuito de fornecer o maior número de informações a respeito.

Metodologia

Esta é uma pesquisa laboratorial do tipo qualitativa, com objetivo de avaliar a qualidade parasitológica da água potável disponibilizada para o consumo da população do município de Cabedelo - PB e a água dos rios Mandacaru e Paraíba, que banham a região.

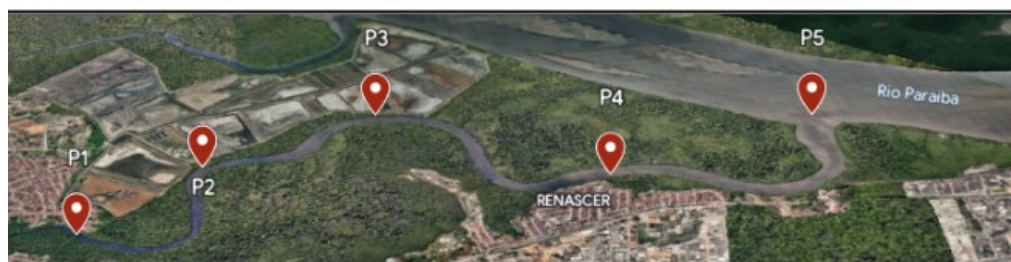
Esta análise foi realizada a partir de doze pontos de coleta, sendo estes: Rio Mandacaru (Pontos 1 a 4), Rio Paraíba (Pontos 5 a 7), Deságue do Rio Paraíba /Dique de Cabedelo (Ponto 8), residência (Pontos 9 e 10) e estação de tratamento (Pontos 11 e 12) do mur

Figura 1 - Mapa com todos os pontos de coleta das amostras de Cabedelo - PB



P1, P2, P3 e P4: Rio Mandacaru, P5, P6 e P7: Rio Paraíba, P8: Dique de Cabedelo
Fonte: Adaptado de Google Earth (2023).

Figura 2 - Mapa aproximado dos pontos de coleta das amostras no Rio Mandacaru



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023).

Além das águas dos rios, também foram coletadas amostras de água potável, fornecidas pela CAGEPA, no município de Cabedelo. As amostras 9 e 10 foram coletadas em uma residência, numa torneira interna e uma externa, respectivamente. Tais amostras foram coletadas a fim de identificar se havia alguma contaminação parasitológica nas águas no trajeto e/ou nas residências disponibilizadas para consumo humano no município. Por outro lado, as amostras 11 e 12 foram coletadas diretamente em um dos pontos de distribuição da CAGEPA na região.

A coleta da água dos rios foi realizada no dia 04 de Agosto de 2023, no período entre 13h30min às 16h30min. De acordo com Brasil (2023), no porto de Cabedelo, a mínima altura baixa-mar daquele dia foi de 0.0 mm às 12h23min, ou seja, próximo ao horário da coleta a maré estava baixa. As condições meteorológicas do dia no local eram de sol claro e poucas nuvens. A coleta da água da residência e do ponto de distribuição da CAGEPA foi realizada no dia seguinte.

A seleção dos pontos de coleta dos rios abrange uma extensa área dos rios Paraíba e rio Mandacaru. A escolha dos locais teve como critério de inclusão a intensa atividade econômica na região no município de Cabedelo - PB, assim como a proximidade com a área urbana de uma comunidade local, intitulada comunidade Renascer. Pode-se observar, através das figuras 1 e 2, que a ordem da coleta seguiu o fluxo das correntezas, iniciando no ponto mais urbano e finalizando no deságue do rio Paraíba no oceano atlântico.

Dentre os pontos, o itinerário escolhido inclui: a praia do Jacaré, em que se desenvolvem atividades importantes de pesca e turismo relevantes para a economia local; às margens da Ilha da Restinga, que é um área preservada de vegetação intensa; o dique de Cabedelo, que é o ponto de deságue do Rio Paraíba no oceano atlântico e também um dos cartões postais da região, onde é encontrada uma intensa atividade de banho pelos turistas e moradores da região.

É relevante destacar que, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, as águas do rio Paraíba recebem a classificação de classe 3, que são aquelas que podem ser destinadas à pesca amadora, consumo humano, irrigação, recreação e a dessedentação de animais.

No que se refere a seleção das amostras de água potável, esta foi realizada a partir da disponibilidade de acesso ao interior de uma residência da região. É importante destacar que a coleta foi realizada com a autorização de seus moradores.

Para a realização da coleta da água dos rios, foi utilizada uma embarcação que permitiu o deslocamento e as amostras foram retiradas a bordo da mesma diretamente da superfície da água. Para a coleta, foram utilizados tubos Falcon, estéreis com capacidade de 50 ml. Nos rios, a coleta foi feita de maneira rápida, retirou-se a tampa do tubo coletor, segurando o frasco pela base e mergulhando com a boca para baixo, cerca de 20 cm abaixo da superfície aquática, com a boca em sentido contrário a corrente, inclinou-se o frasco um pouco para cima para permitir a saída de ar e conseqüentemente o encher, depois, o frasco foi removido da água, fechado imediatamente e colocado dentro de um isopor. Já as coletas do centro de tratamento e residências foram realizadas na torneira, previamente higienizadas com álcool 70%, tendo o primeiro jato desprezado, para evitar contaminação da amostra.

Após a realização da coleta de todas as amostras, estas foram refrigeradas e submetidas a um repouso de 24 horas, para que houvesse a sedimentação espontânea. A

análise parasitológica ocorreu através dos sedimentos, que foram minuciosamente analisados no microscópio óptico, utilizando objetivas de 10x e confirmadas na de 40x, tanto de forma direta, quanto após a aplicação de Lugol. Na análise de forma direta, o procedimento consiste em aplicar uma gota do sedimento da amostra numa lâmina, cobrindo-a com uma lâminula e em seguida analisá-la no microscópio. Já na análise com Lugol, o mesmo procedimento é realizado, porém é adicionado de uma a duas gotas do corante, antes de cobrir a amostra com a lâminula. Esta análise foi realizada no no Laboratório de Microbiologia, Biologia Molecular e Citologia (LABMIC), localizado no Centro Profissional e Tecnológico (CPT) da Universidade Federal da Paraíba.

Resultados e Discussão

Após análise laboratorial, constatou-se que as amostras de água do centro de tratamento e das residências, tiveram resultado negativo para qualquer enteroparasitas, já as amostras da água bruta, que é proveniente dos rios locais, tiveram resultados positivo para: *Endolimax nana*; cisto de *Giardia*; *Ascaris lumbricoides*; Ameba; *Entamoeba coli*; ovos de *Fasciola hepatica*; *Closterium sp*; *Ancilostomideo*; *Strongyloides stercoralis*; *Balantidium coli*; *Entamoeba* díspar. Pode-se observar uma maior diversidade de parasitos nas amostras coletadas mais próximas às áreas residenciais. Já em áreas mais próximas ao oceano atlântico, constatou-se que não há a presença de parasitos. Foram identificados protozoários e nematoides patogênicos que são transmitidos através do contato com formas infectantes encontradas em fezes contaminadas. Tais resultados podem ser consultados na tabela a seguir:

LOCAL	AMOSTRAS	RESULTADOS
1	ÁGUA BRUTA (Rio Mandacaru - P1 a P4)	<i>Cisto de Entamoeba díspar</i> <i>Entamoeba coli</i> <i>Balantidium coli</i> <i>Ovo de Fasciola hepática</i> <i>Closterium sp</i> <i>Strongyloides stercoralis</i> <i>Arcella vulgaris</i> <i>Endolimax nana</i> <i>Larvas de vida livre</i> <i>Cisto de Giardia</i> <i>Blastocytis sp.</i>
2	ÁGUA BRUTA (Rio Paraíba - P5 a P8)	<i>Ancilostomídeo</i> <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Larvas de vida livre</i>

3	CENTRO DE TRATAMENTO DA CAGEPA (P11 e P12)		Não foram identificadas formas parasitárias
4	RESIDÊNCIA (P9)	1	Não foram identificadas formas parasitárias
5	RESIDÊNCIA (P10)	2	Não foram identificadas formas parasitárias

A partir dos achados desta pesquisa, evidencia-se a presença de contaminação por parasitos de importância clínica nos rios Paraíba e Mandacaru que banham o município de Cabedelo - PB. Os locais de coleta com maior urbanização apresentaram amostras positivas e com maior diversidade para estes parasitas. Resultados positivos para contaminação de águas de rios por parasitas de importância clínica também foram constatados em outros estudos anteriores por todo o Brasil, como as pesquisas conduzidas por Heck et al. (2021), Handan (2018) e Côrtes et al. (2014).

Nas análises das amostras P1 e P2, pode-se observar a presença de protozoários intestinais pertencentes ao gênero *Entamoeba spp.* Segundo Neves (2005), com exceção da *Entamoeba moshkovskii*, todas as espécies do gênero *Entamoeba* vivem no intestino grosso de humanos ou outros animais. É válido ressaltar que a *Entamoeba histolytica* e a *Entamoeba dispar* são morfologicamente indistinguíveis, sendo a primeira espécie o agente patogênico da doença chamada Amebíase, que é uma das principais enfermidades ocasionadas por parasitos que causam a morte de seres humanos em todo mundo (Rey, 2010). Os humanos adquirem a Amebíase através da ingestão do cisto maduro, por meio de alimentos e água contaminados, via fecal-oral. A maioria dos pacientes são assintomáticos, entretanto, quando sintomáticos, as manifestações clínicas incluem dores abdominais, flatulência, constipação, perda de peso, anorexia, diarreia, e, em alguns casos, febre e fezes com muco e sangue. A amebíase pode evoluir para casos mais graves, por meio da invasão dos protozoários nos tecidos do fígado, intestino e pulmão, ocasionando formas da doença que causam um maior número de mortes (Cordeiro; Macedo, 2007; MSD, 2022; Siqueira-Batista *et al.*, 2020).

Foi identificado na amostra P1 o cisto de *Giardia spp.* Dentre as espécies deste gênero, está a *Giardia intestinalis*, que é um protozoário flagelado causador da doença chamada Giardiase. Este parasito está presente em todo o planeta e pode habitar o intestino de mamíferos, répteis, aves e anfíbios. A contaminação é via fecal-oral e se dá através da ingestão de cistos presentes na água e alimentos contaminados. A maioria dos pacientes

acometidos pela Giardíase é assintomático, entretanto, a doença pode ter manifestações súbitas e graduais, podendo chegar até uma fase crônica (Siqueira-Batista *et al.*, 2020). As manifestações clínicas incluem: edema, diarreia, dores abdominais, náuseas e perda de peso. Como apresenta Santana *et al.* (2014), apesar da Giardíase não ser uma doença com complicações severas comuns, ainda é uma parasitose de grande impacto na saúde pública, devido a sua alta incidência.

Ainda sobre protozoários que foram identificados nesta pesquisa, temos o *Balantidium coli*, causador da doença intitulada Balantidíase. Esse parasito tem como principais hospedeiros os seres humanos e porcos, e é comumente encontrado em indivíduos que tenham contato com esses animais e/ou vivem em condições sanitárias e higiênicas precárias. Como afirma Siqueira-Batista *et al.* (2020), este parasita pode causar infecção assintomática ou causar uma ampla variedade de manifestações clínicas, que vão desde diarreia, náuseas, vômitos, febre até uma condição fulminante com uma elevação significativa na taxa de letalidade da doença. De acordo com Rey (2010), a contaminação se dá principalmente através do contato com porcos por meio de contato direto ou via fecal-oral através de alimentos e água contaminados. É válido ressaltar que, durante a coleta desta amostra (P1), foi possível observar que alguns moradores da região criam porcos nas margens do rio e este fato pode estar relacionado a presença destes parasitos na água da região.

Nas amostras P3, P5 e P6 constatou-se a contaminação da água pelo helminto *Ascaris lumbricoides*, que tem ocorrência territorial em quase todos os países do mundo. Conhecido popularmente como lombriga ou bicha, este é o patógeno causador da enfermidade chamada Ascaridíase, que é uma doença comum em crianças de idade escolar. Em geral, os pacientes acometidos são assintomáticos, mas podem apresentar sintomas como respiração sibilante, febre, tosse, escarro, entre outros. Em casos não tratados, pode evoluir para formas mais graves e ocasionar até a morte por asfixia e obstrução traqueal (Rey, 2010; Siqueira-Batista *et al.*, 2020; MSD, 2022). A contaminação é via fecal-oral e se dá através da ingestão de formas infectantes obtidas através das águas e alimentos contaminados. A mortalidade por Ascaridíase na América Latina é de cerca de 20 mil óbitos por ano, o que torna esta parasitose de grande interesse clínico e extremamente relevante para a saúde pública.

Larvas de *Strongyloides stercoralis* - um nematódeo de importância clínica - também foram identificadas neste estudo, na análise da amostra P1. Este parasita tem ampla distribuição geográfica em regiões tropicais e possui um ciclo de vida bastante complexo,

comparado a outros nematódeos. De acordo com Siqueira-Batista (2020), este é o agente etiológico da estrogiloidíase humana, que é uma parasitose intestinal que afeta de 30 a 100 milhões de pessoas no mundo. A infecção fecal-oral se inicia com a penetração ativa de larvas filarioides infectantes na pele, que alcançam tecidos das vias respiratórias, laringe e chegam ao intestino. Ainda segundo Siqueira-Batista *et al.* (2020), a sintomatologia mais comum é a assintomática, mas, quando presentes, os sintomas podem variar de acordo com o local onde o parasita é encontrado. As condições mais graves desta doença estão relacionadas à superpopulação de larvas e ao comprometimento da função imunológica dos acometidos, que elevam a taxa de mortalidade pela doença.

Dentre os achados deste estudo, também foi possível identificar a presença de organismos não patogênicos, como a *Entamoeba coli* (Amostra P1, P2 e P3), *Endolimax nana* (Amostra P1) e o protozoário intestinal *Blastocystis spp.* (Amostra P1). Segundo Zorzan *et al.* (2020), estudos indicam que o *Blastocystis spp.* vêm sendo encontrado com elevada frequência na população, entretanto, não sendo possível determinar seu potencial de patogenicidade. Esses achados também são de relevância significativa, pois indicam que parasitas não patogênicos, ambos transmitidos por fezes contaminadas, também estão sendo detectados nas águas, evidenciando um alto grau de contaminação fecal nas águas dos rios na região da análise.

Também foram encontrados na análise das amostras alguns microrganismos comuns, que integram a comunidade zooplânctônica e fitoplânctônica, *Closterium spp.*, *Zygnematales*, Diatomáceas, *Arcella vulgaris*, *Coelastrum reticulatum*, *Gymnodinium spp.* e larvas de vida livre. Estes microrganismos indicam que, apesar do estudo indicar uma contaminação das águas dos rios, a região ainda possui uma biodiversidade natural comum a ambientes aquáticos.

No que diz respeito às amostras coletadas na residência e na estação de tratamento (amostras A8 à A12) do município de Cabedelo, pode-se observar que o tratamento realizado na água está ocorrendo de forma satisfatória, eliminando qualquer parasito presente e fornecendo a população uma água livre de contaminação. Este resultado também reforça a qualidade da água por toda a sua distribuição, o que nos transmite a garantia de uma água que não traz riscos à saúde pública.

Sendo assim, esta investigação nos revela que todos os parasitos encontrados nesta pesquisa estão, muitas vezes, associadas a maior incidência em países em desenvolvimento e

em regiões habitadas pelas classes populares, que possuem baixa escolaridade, baixo poder socioeconômico, condições de saúde e saneamento precárias. Além disso, evidencia-se uma elevada taxa de contaminação por resíduos fecais na região mais próxima às áreas urbanas, onde foram detectadas uma maior diversidade de parasitos de importância clínica.

Conclusões

Conclui-se, a partir deste estudo, que a água tratada que é fornecida a população do município de Cabedelo - PB está isenta de parasitas e asseguram qualidade de vida à população. Entretanto, as águas dos rios Paraíba e Mandacaru, que desempenham um papel fundamental para a comunidade ribeirinha, estão contaminadas por parasitas de importância clínica para a saúde pública.

Vimos o quanto as águas dos rios possuem valor econômico, cultural e social para as comunidades ribeirinhas. Por isso, estudos como este são relevantes pois evidenciam a necessidade de que haja ações que objetivem reduzir a contaminação ambiental das águas dos rios. As medidas de profilaxia associadas às parasitoses informadas discutidas incluem medidas simples, como saneamento básico, higiene, diagnóstico eficiente e uso de fármacos. Além disso, essas medidas simples contribuem para a melhoria da saúde da população e do ecossistema aquático.

Ressalta-se a necessidade de ações de políticas públicas, o que inclui medidas de educação e monitoramento ambiental, visto que, há um alto risco de contaminação por parasitoses nas comunidades ribeirinhas. Além disso, os rios estão sendo utilizados como fonte de despejo para resíduos, tornando-se ainda mais insalubre a aquelas comunidades e isso prejudica não só as mesmas, como todos os seres vivos e ao ecossistema marinho e terrestre do local. Por isto, também se faz necessário ações de fiscalização que objetivem eliminar tais práticas.

Referências

BRASIL. Resolução CONAMA n° 357. **Resolução Conama N° 357**. Brasília, 18 mar. 2005.

CÔRTEZ, M.B.V. *et al.* OCORRÊNCIA DE PARASITAS PATOLÓGICOS NOS RIOS MACACU, CACERIBU E GUAPI-MACACU, RIO DE JANEIRO, BRASIL. **Engevista**, [S.L.], v. 16, n. 4, p. 356-366, dez. 2014.

HANDAM, N. B. *et al.* Sanitary quality of the rivers in the Communities of Manguinhos' Territory, Rio de Janeiro, RJ. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1, 16 fev. 2018. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2125>

HECK, T. M. da S. *et al.* Parasitoses de interesse clínico em sedimento de rio: uma abordagem na saúde pública. **Saúde e Pesquisa**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 383-392, 30 abr. 2021. Centro Universitario de Maringa.

MSD, Manual. **Amebíase**. São Paulo: Manual Msd, 2022

NEVES, D. P. (Org). **Parasitologia humana**. 11.ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 498p.

REY, L. **Bases da Parasitologia médica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

SANTANA, L. A. *et al.* Atualidades sobre giardíase. **JBM**, s.l., v. 102, n. 1, p. 7-10, jan. 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Vitorino/publication/274074799_Atualidades_sobre_giardiose/links/5514a7750cf260a7cb2d02c3/Atualidades-sobre-giardiose.pdf. Acesso em: 25 ago. 2023.

SILVA, E. L. M.da *et al.* Por que doenças infecciosas e parasitárias estão entre as principais causas de morte no Brasil. **Research, Society And Development**, [s.l.], v. 11, n. 15, p. 1-25, 23 nov. 2022.

SILVA, E.L. P. da; CONSERVA, M. de S.; OLIVEIRA, P. A. de. Socioecologia do processo de trabalho das pescadoras artesanais do estuário do Rio Paraíba, Nordeste, Brasil. **Revista Ecologi@**, n. 3, p. 47-61, 2011.

SIQUEIRA-BATISTA, R.*et al.* **Parasitologia**: fundamentos e prática clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2020. 650 p.

SILVA, E. L. M. da .; SANTOS, S. dos .; TORQUATI , A.; ARAÚJO, C.; BRANDÃO, F.
Why are infectious and parasitic diseases among the leading causes of death in Brazil?
Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 15, p. e453111537370, 2022. DOI:
10.33448/rsd-v11i15.37370. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/37370>. Acesso em: 30 apr. 2024.



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

INVESTIGAÇÃO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS E POLÍMERO DE COORDENAÇÃO PARA A SÍNTESE DE ADUTOS DE MORITA-BAYLIS-HILLMAN COM POTENCIAL ATIVIDADE FARMACOLÓGICA.

Emelly Suelen de Freitas
Reis Santos¹ Rhuan
Karlos Santos
Mendes² Fausthon
Fred da Silva²
Claudio Gabriel
Lima-Junior³

Resumo

Reportamos aqui o desenvolvimento de um sistema catalítico aplicado a reação de Morita- Baylis-Hillman envolvendo a utilização de um polímero de coordenação heterobimetálico de cobre/manganês em meio reacional usando o solvente eutético cloreto de colina:ureia. Foram utilizados como eletrófilo isatina e derivados. Inicialmente, foi realizada uma reação entre a *N*-metil-isatina e o acrilato de metila, estabelecendo-a como reação padrão, na qual foram variados alguns parâmetros reacionais. Foi possível observar a diminuição pela metade do tempo reacional, quando comparado com os resultados da literatura, usando somente 10 mg do polímero como catalisador. O protocolo estabelecido foi aplicado para outros derivados de isatina, na qual observou-se redução em todos os tempos reacionais. Adicionalmente, foi investigado o reuso do polímero de coordenação, não observando perda de sua atividade catalítica após 3 ciclos. O sistema catalítico investigado se demonstrou estável, proporcionando resultados satisfatórios para a obtenção dos adutos derivados de isatina, sendo alguns destes bioativos.

Palavras-chave: Solventes Eutéticos profundos. Polímeros de coordenação. Catálise heterogênea. Adutos de Morita-Baylis-Hillman

¹ suelenemelly2@gmail.com, iniciação científica (UFPB/CNPq)

² rhuanmendes29@gmail.com, doutorando (UFPB)

² fausthon@quimica.ufpb.br, colaborador (UFPB)

³ claudio@quimica.ufpb.br, orientador (UFPB)

Título do Projeto de Pesquisa/Plano de Trabalho: Desenvolvimento de novas metodologias sintéticas sustentáveis para a preparação de adutos de Morita-Baylis-Hillman potencialmente bioativos
e-mail da Instituição de vínculo da bolsa: cadastrocgpaic@propesq.br.

Apresentação

Este capítulo apresenta os resultados obtidos no plano de trabalho de iniciação científica intitulado “Investigação de solventes eutéticos profundos e polímero de coordenação para a síntese de adutos de Morita-Baylis-Hillman com potencial atividade farmacológica.” vinculado a um projeto institucional intitulado “Desenvolvimento de novas metodologias sintéticas sustentáveis para a preparação de adutos de Morita-Baylis-Hillman potencialmente bioativos” orientado pelo Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima Junior e coorientado pelo doutorando Rhuan Karlos Santos Mendes. Foi desenvolvido no período de setembro de 2022 a agosto de 2023 no Laboratório de Síntese Orgânica Medicinal LASOM/DQ-UFPB, em colaboração com o professor Dr. Fauston Fred da Silva do Laboratório de Compostos de Coordenação e Química de Superfície LCCQS/DQ-UFPB.

Adutos de Morita-Baylis-Hillman são compostos polifuncionalizados obtidos a partir de uma reação de adição entre uma espécie eletrofílica, como aldeídos, cetonas e iminas e um alceno contendo um grupo retirador de elétrons (acceptor de Michael). Esta reação é catalisada por aminas terciárias, sendo o DABCO o mais comumente utilizado (Santos *et al.*, 2015). Estas substâncias são muito utilizadas como intermediários sintéticos e vem também se apresentando como uma importante classe de compostos com amplo espectro de atividades biológicas, tais como antiparasitária, antitumoral, antimicrobiana e anti-inflamatória (Piuvezam *et al.*, 2023).

Nosso grupo de pesquisas vêm a mais de uma década desenvolvendo novas metodologias sintéticas para obtenção de uma gama de adutos e investigando suas potencialidades como candidatos a fármacos. Algumas limitações da reação empregada, denominada de reação de Morita-Baylis-Hillman, é o uso frequente do catalisador DABCO em quantidades estequiométricas e os longos tempos reacionais envolvidos para alguns substratos, além do uso na maioria das vezes de solventes tóxicos e voláteis nos processos de isolamento e purificação. Nesse sentido, esforços vêm sendo apresentados na literatura para acelerar a reação, tais como o uso de micro-ondas, solventes eutéticos profundos e catalisadores metálicos (Andrade *et al.*, 2023; Andrade *et al.*, 2021; Lima-Junior *et al.*, 2011; Pimentel *et al.*, 2022)

Desta forma, apresentamos aqui nossos esforços para minimizar as limitações apresentadas para a reação de Morita-Baylis-Hillman, investigando novas metodologias sintéticas baseando-se nos princípios da química verde, fazendo a utilização da mistura cloreto de colina:ureia como solvente e polímeros de coordenação heterobimetálico como catalisador heterogêneo, visando avaliar o efeito catalítico deste sistema para a preparação de adutos de Morita-Baylis-Hillman derivados de isatina.

Fundamentação teórica

A busca por moléculas com potencial atividade farmacológica vem crescendo cada vez mais no campo da química sintética (Sato *et al.*, 2020). Arelado a isso, vem se propagando a busca por resultados visando a obtenção de moléculas baseando-se nos princípios da química verde (Anastas; Eghbali, 2010). Diante deste cenário, a reação de Morita-Baylis-Hillman (RMBH) vem sendo muito investigada, podendo destacar como característica desse processo a sua economia de átomos, serem reações organocatalizadas (Carpanezi; Coelho; Amarante, 2018) ou ainda, catalisadas por metais que podem atuar como ácidos de Lewis (Pimentel *et al.*, 2022).

A RMBH consiste na adição entre uma espécie eletrofílica, como aldeídos, cetonas e iminas e um alceno contendo um grupo retirador de elétrons (acceptor de Michael). Esta reação é catalisada por aminas terciárias, sendo o DABCO o mais comumente utilizado

(Santos *et al.*, 2015). ocorre a formação de uma ligação carbono-carbono resultando em produtos amplamente funcionalizados chamados de Adutos de Morita-Baylis-Hillman (AMBH). Os compostos pertencentes a esta classe vêm se apresentando como substâncias com relevantes atividades farmacológicas (Lima-Junior; Vasconcellos, 2012). Dada as limitações relatadas na literatura em relação aos longos tempos reacionais e uso de quantidades estequiométricas do DABCO na RMBH, alguns esforços vêm sendo realizados pelos pesquisadores, tais como o uso de solventes e catalisadores alternativos (Andrade *et al.*, 2023; Andrade *et al.*, 2021; Pimentel *et al.*, 2021).

About e colaboradores relataram no ano de 2003 o uso da mistura eutética cloreto de colina (ChCl):Ureia, e conseguiram observar que, quando utilizados em proporções específicas, a mistura resultante possuía um ponto de congelamento do eutético muito mais baixo do que os compostos puros precursores, sendo (302 °C) para o ChCl e (113 °C) para a Uréia. Esta mistura se apresentou como um líquido na temperatura ambiente, possibilitando a sua utilização como solvente no meio reacional, sendo este sistema denominado de solvente eutético profundo. Um ponto importante acerca destes solventes está relacionado à estabilidade dada às diversas ligações de hidrogênio que favorecem o aumento da força de interações atrativas na mistura, possibilitando sua fácil remoção e reutilização. Desta forma, dois trabalhos publicados, sendo um do nosso grupo de pesquisa, apontam a utilização dos Solventes Eutéticos Profundos (DES) para a RMBH, conduzindo não somente na diminuição da quantidade de DABCO utilizada como também na diminuição de tempos reacionais quando envolvidos isatina e derivados como eletrófilos (Anastas; Eghbali, 2010).

Por outro lado, a literatura também vem relatando os Polímeros de Coordenação (PC's) como catalisadores em reações orgânicas, como por exemplo, nas reações com formação de ligação carbono-carbono, onde o seu centro metálico pode atuar como um ácido de Lewis ativando o centro eletrofilico do substrato (Andrade *et al.*, 2021) (Pimentel *et al.*, 2022). Nosso grupo recentemente relatou o emprego do polímero heterobimetálico Cu/Mn-IDA na RMBH envolvendo aldeídos aromáticos e heteroaromáticos e acrilato de metila, na qual foi observado a redução de tempos reacionais, no entanto, ainda empregando DABCO em quantidades estequiométricas (Pimentel *et al.*, 2022). Por tanto, este trabalho tem como objetivo investigar o efeito catalítico do sistema Cu/Mn-IDA adicionado ao solvente eutético profundo cloreto de colina:ureia na busca por estabelecer um protocolo de síntese mais eficiente para as RMBH entre derivados de isatina e acrilato de metila. Os AMBH apresentados neste trabalho são derivados da isatina e possuem um núcleo 3-hidroxi-2-oxindol que vem demonstrar bons resultados quanto às suas atividades leishmanicida, antitumoral, antimalarial e anti-inflamatória (Lima-Junior; Vasconcellos, 2012; De França *et al.*, 2021), possibilitando assim, a oportunidade de investigação catalítica para a obtenção em curtos tempos reacionais para esta importante classe de compostos.

Metodologia

Materiais e métodos

Utilizamos neste trabalho a isatina comercial, e realizamos reações de *N*-alquilação, utilizando iodeto de metila, brometo de alila e cloreto de benzila adquiridos da SIGMA-ALDRICH. Foram utilizados tanto para a preparação dos derivados de isatina quanto para a preparação dos AMBH, reagentes adquiridos pela Aldrich e solventes provenientes da Tedia, QUIMIZ e da Vetec, todos com excelente grau de pureza, indicado pelo fabricante, não se fez necessário realizar nenhum processo de purificação.

A formação dos produtos foi acompanhada pela técnica de cromatografia de camada delgada analítica (CCDA), sendo utilizada cromatofolhas de alumínio da marca

Macherey-Nagel, suportadas em Gel de Sílica 60 (fase estacionária), contendo indicador de fluorescência a 254 nm, e uma mistura de Acetato de Etila / Hexano foi usada como fase móvel, sendo irradiadas em câmara de ultravioleta com comprimento de onda de 254 nm. Todos os produtos obtidos foram caracterizados por métodos físicos e comparados com a literatura (Andrade *et al.*, 2023)

Preparação da isatina N-alquilada.

Foi adicionado 5 mmol (0,735 g) de isatina e 5 mL de DMF seco em um balão de 125 mL e colocado sob agitação magnética em atmosfera de argônio. Em seguida, foi pesado em um béquer 6 mmol (0,852 g) de K_2CO_3 o qual foi adicionado ao meio reacional. Após alguns minutos, foi adicionado 6 mmol do agente alquilante (iodeto de metila, brometo de alila e cloreto de benzila). A reação foi deixada sob agitação magnética e atmosfera de argônio em temperatura ambiente por 4h e, ao término da reação, foi realizada a extração líquido-líquido utilizando água destilada para a fase aquosa e acetato de etila como fase orgânica.

Preparação da 5-cloro-isatina e 5,7-dicloro-Isatina.

Em um erlenmeyer de 250 mL adicionou-se 2,32 g (10 mmol) ácido tricloroisocianúrico (TICA) em 6 mL de H_2SO_4 , em banho de gelo a 0°C. Em seguida adicionou-se 1,47 g (10 mmol) de isatina e após a adição a mistura foi submetida a agitação magnética nas condições ambientes e acompanhada por CCD. Após 15 minutos de reação a mistura foi vertida sobre gelo picado e o precipitado foi filtrado à pressão reduzida em um funil de Büchner e lavado com água destilada gelada. Para o derivado diclorado, foi alterada apenas a estequiometria e o tempo para interrupção da reação. Isatina (2,94 g, 20 mmol) e ATCI (4,64 g, 20 mmol) e adicionou-se 12 mL de H_2SO_4 gota a gota. A mistura foi mantida a 0°C em banho de gelo sob agitação magnética e acompanhada por CCD. Após 30 minutos de reação a mistura foi vertida sobre gelo picado, e o filtrado foi lavado com água destilada gelada.

Preparação do Solvente Eutético Profundo $ChCl:U$

Em um balão de 50 mL foi adicionado 25 mmol (3,49 g) de cloreto de colina e 50 mmol (3,00 g) de ureia, foram colocados para rotaevaporador sob pressão reduzida durante 30 minutos. Depois, a mistura foi deixada em banho de óleo a temperatura de 80 °C por 3h. Em seguida, a mistura foi mantida em temperatura ambiente até esfriar completamente.

Síntese do Polímero de Coordenação $Cu/Mn-10%$ (IDA)

Separadamente, foram dissolvidos 0,9 mmol (180 mg) de acetato de cobre II hidratado e 0,1 mmol (17 mg) de sulfato de manganês II hidratado em 5 mL de água destilada cada. As soluções foram misturadas, e foi adicionado uma solução de 2 mmol (270 mg) de ácido iminodiacético em 10 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada e deixada sob pressão e temperatura ambiente até a formação de cristais azuis. O líquido sobrenadante foi retirado e os cristais filtrados e lavados com água destilada, depois foram deixados sob temperatura ambiente até a evaporação do solvente.

Procedimento geral para a síntese dos adutos (2a-2i)

Em um balão de 50 mL foi adicionado 0,5 mmol dos derivados de isatina sintetizados, 1,5 mmol de acrilato de metila, 50 mol% de DABCO, 1g de DES ChCl:U e 10 mg do PC Cu/Mn-10%. Foi deixado sob agitação magnética em temperatura ambiente e o acompanhamento da reação foi realizado via CCD. Em seguida, foi realizada extração líquido-líquido utilizando acetato de etila e água destilada.

Procedimento para recuperação do PC.

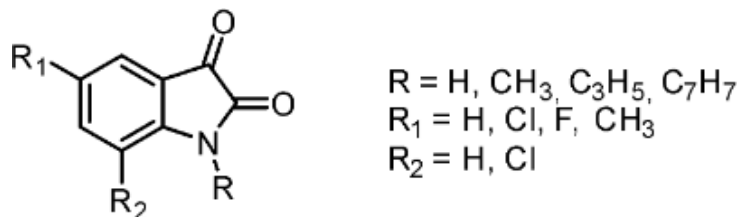
Após o final da reação, é adicionado água ao meio reacional e a solução é vertida em um papel filtro que retém o PC, logo em seguida, o papel de filtro junto com os cristais são lavados com acetato de etila e deixados à temperatura ambiente por 24 h. Passado este período, os cristais são macerados e reutilizados.

Resultados e discussão

Preparação dos reagentes, solventes e catalisadores.

Inicialmente foram preparados os intermediários sintético derivados da isatina: *N*-metil-isatina, *N*-alil-isatina, *N*-benzil-isatina, 5-flúor-isatina, 5-metil-isatina e 5,7-dicloro-isatina, assim como seus respectivos derivados *N*-alquilados, seguindo o protocolo já estabelecido na literatura (Andrade *et al.*, 2023). Para o derivado *N*-metil-isatina foram realizadas adaptações do protocolo visando a obtenção do produto eliminando a etapa da extração líquido-líquido. O meio reacional foi deixado sob atmosfera de argônio durante duas horas, e em seguida vertido e gelo, obtendo um precipitado alaranjado que foi lavado com água destilada. Os outros produtos da série seguiram o protocolo original, pois para eles não ocorreu a precipitação do produto. Todos os derivados foram caracterizados via infravermelho e comparados com dados da literatura (Andrade *et al.*, 2023). O quadro 1 mostra os tempos reacionais e rendimentos obtidos para estas reações.

Quadro 1. Tempos e rendimentos obtidos na preparação dos derivados de isatina **1a-1i**.

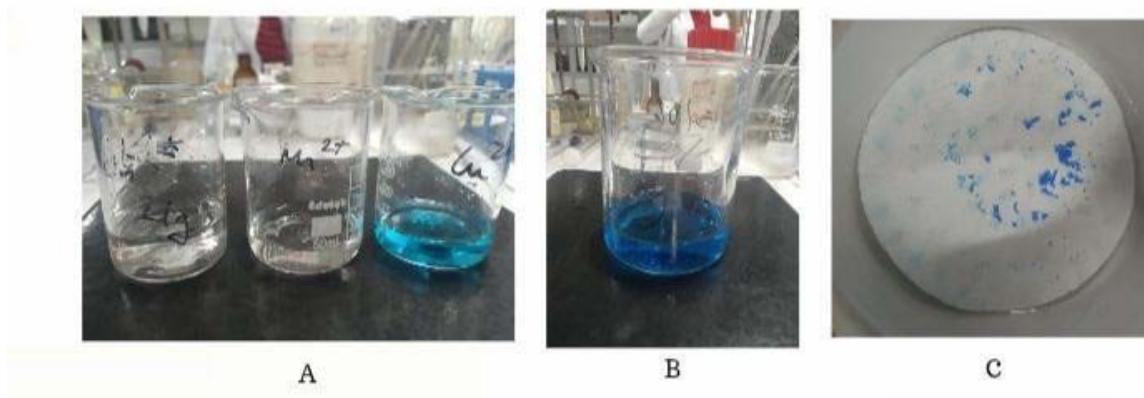


Substrato	R	R ₁	R ₂	Tempo (h)	Rendimento (%)
1a	CH ₃	H	H	2	96
1b	C ₃ H ₅	H	H	4	78
1c	C ₇ H ₇	H	H	8	75
1d	CH ₃	Cl	H	1	85
1e	CH ₃	Cl	Cl	1	80
1f	C ₃ H ₅	CH ₃	H	4	91
1g	CH ₃	F	H	4	88
1h	C ₃ H ₅	F	H	5	85
1i	C ₇ H ₇	F	H	5	83

Fonte: próprio autor, 2023.

Seguindo o protocolo já estabelecido na literatura [6,9], foi preparado o PC Cu/Mn-10%(IDA) pela mistura dos sais de cobre e manganês em proporção 9:1 e ácido iminodiacético como ligante. A solução foi deixada em temperatura ambiente até evaporar o solvente e ocorrer a formação de cristais azuis (Figura 1). Os cristais foram filtrados a vácuo e lavados com água destilada, obtidos com rendimento de 93%. Em seguida, o material foi macerado e caracterizado por espectroscopia de Infravermelho e comparado com o realizado por Pimentel *et al.*(2022). O solvente eutético profundo ChCl:U (2:1) também foi preparado de acordo com o protocolo reportado na literatura por Zhao *et al.* (2016), no qual os constituintes foram misturados e aquecidos a uma temperatura de 80-100 °C por 2h até a obtenção de um líquido viscoso, incolor e homogêneo. Após a preparação do PC e solvente eutético, realizou-se uma série de experimentos para estabelecer condições ótimas de reação e investigar a existência ou não de um efeito catalítico sinérgico entre DES/PC, almejando a diminuição do catalisador da reação, o DABCO.

Figura 1. Preparação do polímero de coordenação Cu/Mn-10%. A) Solução dos sais metálicos de Cu^{2+} , Mn^{2+} e do ligante (ácido iminodiacético). B) mistura das 3 soluções. C) cristais filtrados do complexo Cu/Mn-10% (IDA).

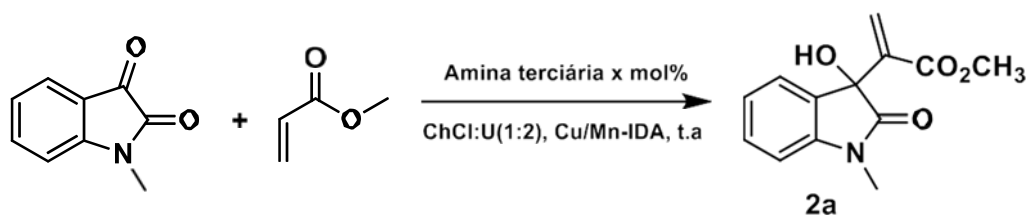


Fonte: próprio autor (2023)

Determinação da melhor condição reacional

Inicialmente, foi realizada uma investigação para estabelecer as condições ótimas para a síntese do aduto **2a** utilizando a *N*-metil-isatina(1a) como substrato. Este derivado foi escolhido devido a sua facilidade de síntese e obtenção sem a necessidade da realização de uma extração líquido-líquido utilizando solventes orgânicos voláteis. Foi utilizado o acrilato de metila como acceptor de Michael, variando a amina terciária como catalisador. O DES utilizado foi o ChCl:U (1:2), visto que este demonstrou bons resultados frente a sua utilização para reações que utilizaram ésteres metílicos, além de possuir menor viscosidade do que outros DES reportados na literatura aplicados a RMBH, facilitando o seu manuseio (Andrade *et al.*,2023). Outro ponto a ser ressaltado é a sua ecotoxicidade. Estudos recentes apontam sua biodegradação e confirmam sua característica “eco-amigável” em resultados experimentais (Lapeña *et al.*, 2021).

Realizou-se a troca da amina terciária mais usada (DABCO) como catalisador da reação, por outras aminas com características químicas semelhantes (HMTA, DBU), variando a proporção dos mesmos (25, 50, 100 mol%) e a quantidade de PC (2.5, 5.0, 10.0 mg), como está apresentado no quadro 2.

Quadro 2. Otimização das condições experimentais para a preparação de 2a.^a

Entrada	PC (mg)	Catalisador	Catalisador (m ol%)	Tempo (h)	Rendimento (%) ^b
1	-	DABCO	100	6	85
2	-	DABCO	50	24	88
3	-	DABCO	25	24	63
4	-	HMTA	100	24	52
5	Cu/Mn IDA (2.5 mg)	DABCO	50	22	90
6	Cu/Mn IDA (5 mg)	DABCO	50	19	92
7	Cu/Mn IDA (10 mg)	DABCO	50	12	97 ^c
8	Cu/Mn IDA (10 mg)	-	-	24	NR
9	-	DBU	50	24	42
10	Cu/Mn IDA (10 mg)	DBU	50	24	56

^aCondições reacionais: 0.5 mmol de *N*-metil-isatina, 1.5 equiv. de acrilato de metila, 1g de ChCl:U (1:2) sob agitação magnética à temperatura ambiente. ^bRendimento isolado. ^c Reação com consumo completo do material de partida.

Para a RMBH, foram utilizadas inicialmente as aminas terciárias DABCO e HMTA. Ao realizar experimentos utilizando o DABCO em quantidades estequiométricas, foi observado que a reação se completou em 6h com o rendimento isolado de 85% (entrada 1). O DABCO, vem sendo a amina terciária mais utilizada para este fim, entretanto, possui um preço elevado e característica higroscópica, além de não ser recuperado durante o isolamento do produto.

Desta forma foi realizada a tentativa de diminuição do mesmo para quantidades catalíticas, estabelecendo como padrão 24 horas de reação, tendo como hipótese que o aumento além deste tempo, não traria ganho no quesito de otimização do sistema reacional. Podemos observar que, com a

diminuição para 25 mol% de catalisador, o rendimento caiu consideravelmente no tempo estipulado, resultado já previsto por McQuade *et al* (2005) afirmando que a reação é de primeira ordem em relação à concentração do catalisador. Para os experimentos utilizando o DABCO em 50 mol% observamos que o rendimento foi mantido, mas houve um aumento considerável no tempo reacional se comparado com a entrada que utiliza 100 mol% de DABCO. (entradas 1-3)

Em seguida, foi realizada a tentativa de substituição do DABCO pelo HMTA, que também é uma amina terciária e possui uma estrutura semelhante, entretanto, pode-se observar que mesmo em quantidades estequiométricas, os resultados experimentais não foram satisfatórios quando comparados com o DABCO, dado a redução do rendimento isolado. (entrada 1 versus 4)

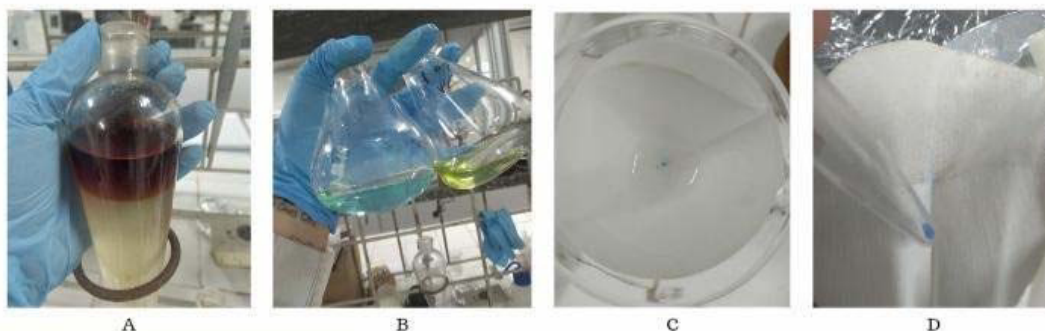
A utilização do DBU na presença de CuI favoreceu a RMBH utilizando a isatina como eletrófilo (Kumar; Rawal, 2020). Desta forma, foram realizados 2 experimentos (entradas 9 e 10), trocando o DABCO pelo DBU, utilizando apenas o sistema com DES e com DES/PC respectivamente. Após 24h de reação, tempo estabelecido de acordo com o melhor resultado já obtido utilizando o DABCO, ainda foi possível observar por cromatografia em camada delgada (CCD) a presença do reagente de partida. Sendo assim, a reação foi interrompida e o produto isolado, seguido do processo de purificação para obtenção do rendimento isolado utilizando filtração em sílica gel.

Comparando as reações utilizando DES e DES/PC utilizando DBU como catalisador, podemos concluir que houve uma influência discreta no rendimento da reação quando adicionamos o PC no meio reacional, entretanto, o reagente de partida não foi consumido por completo para ambos os experimentos e o tempo reacional aumentou significativamente. Desta forma, o DBU não demonstrou bons resultados frente a aplicação no sistema catalítico proposto neste trabalho. (entradas 9 e 10)

Diante dos resultados obtidos, o DABCO se mostrou o melhor catalisador para a reação. Desta forma, fixamos o DABCO em quantidade catalítica (50 mol%) na presença de DES e foi inserido ao sistema o PC Cu/Mn-10% (IDA) e o DES ChCl:U (1:2) (entradas 5-7). Diante dos resultados obtidos, o melhor sistema catalítico se encontra na entrada 7, que utiliza 10 mg do PC, apresenta bom rendimento e uma diminuição acentuada do tempo reacional se comparado com a reação utilizando apenas o DES. Este fato pode ser explicado dado o polímero de coordenação ter centros metálicos que atuam como ácido de Lewis, ativando a carbonila, compensando a diminuição do DABCO (Andrade *et al.* 2021)

No sistema catalítico proposto, ocorreu o consumo completo do material de partida, com um rendimento de 97% depois da extração líquido-líquido, não necessitando da realização de uma etapa de purificação do produto. Antes da extração líquido-líquido, o polímero foi filtrado utilizando um papel de filtro quantitativo e embora uma parte do mesmo tenha lixiviado (Figura 2) conseguimos recuperar o co-catalisador utilizado com rendimentos entre 60-80%.

Figura 2. Extração e remoção do PC do meio reacional. A) extração líquido-líquido utilizando acetato de etila e água. B) fases aquosas do meio reacional. C) PC usado na reação retido em um papel filtro quantitativo. D) PC recuperado do filtro, lavado com água destilada e seco a temperatura ambiente.

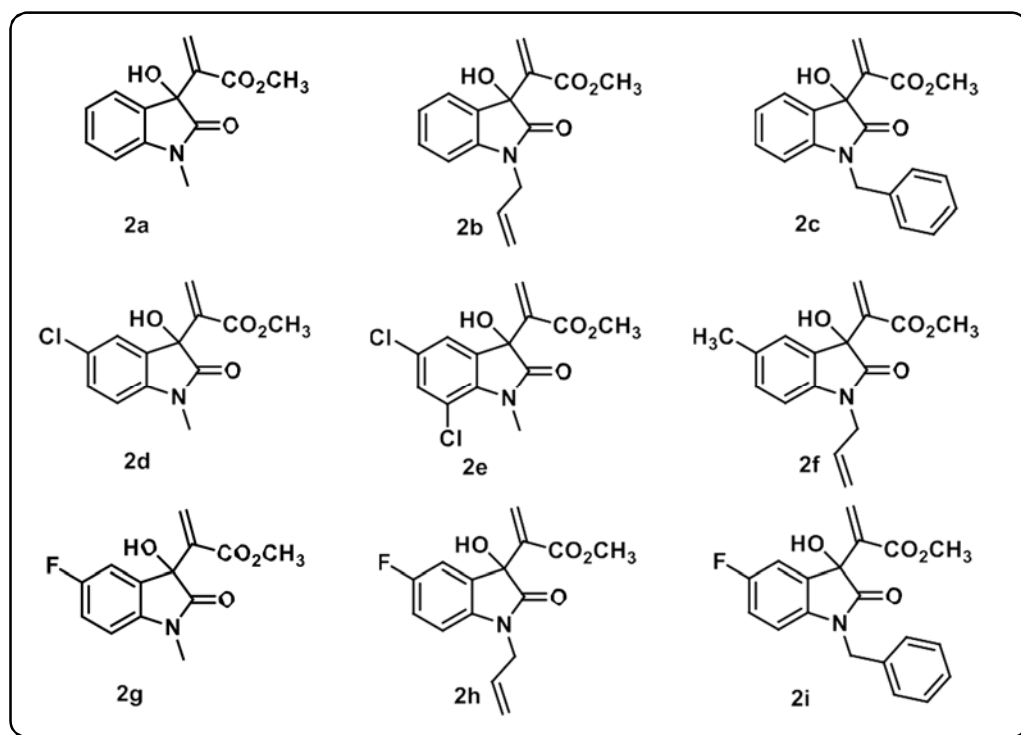


Fonte: Próprio autor, 2023

Aplicação do sistema Cu-Mn/IDA-ChCl:U para a síntese de 2b-2i

Após estabelecidas as melhores condições reacionais para a reação padrão utilizando como substrato a *N*-metil-isatina, utilizamos o sistema catalítico estudado para a série de derivados apresentados na quadro 1, para obtenção dos AMBH propostos na figura 3. Seus tempos e rendimentos estão listados na quadro 3 e serão comparados com o tempo e rendimento para as mesmas reações, utilizando apenas o DES ChCl:U (Andrade *et al.*, 2023)

Figura 3. Estrutura dos adutos 2a-2i preparados usando o sistema Cu-Mn/IDA-ChCl:U



Fonte: próprio autor, 2023.

Quadro 3. Tempos e rendimentos obtidos na preparação de **2b-i**.^a

Entrada	AMBH	Tempo (h)	Rendimento (%)^b	Tempo/Rendimento sem PC^c
1	2b	22	95	48/96
2	2c	19	94	36/98
3	2d	3,5	87	6/95
4	2e	3	80	5/75
5	2f	20	58	27/45
6	2g	16	59	20/40
7	2h	2	81	6/70
8	2i	3,5	62	7/60

^aCondições reacionais: 0.5 mmol de derivados de isatina, 1.5 equiv. de acrilato de metila, 1g de ChCl:U (1:2) sob agitação magnética e temperatura ambiente. ^bRendimento isolado, ^c Resultados obtidos por Andrade et al (2023).

Para a obtenção dos AMBH apresentados no quadro acima, podemos observar que os rendimentos isolados se mantiveram próximos aos já encontrados para as reações sem PC (Andrade *et al*, 2023). Entretanto, houve para todos os AMBH sintetizados no sistema catalítico DES/PC a diminuição significativa de praticamente metade dos seus tempos reacionais. As reações foram até o consumo completo do reagente de partida.

Com a substituição do hidrogênio indólico ocorreu uma melhor solubilidade do substrato no DES, para os derivados alilados e benzilados houve um aumento significativo nos tempos reacionais, entretanto, seus rendimentos foram muito satisfatórios. O aumento da cadeia carbônica aumenta a solubilidade destes adutos na fase orgânica (entradas 1 e 2), sem a necessidade de purificação por coluna cromatográfica.

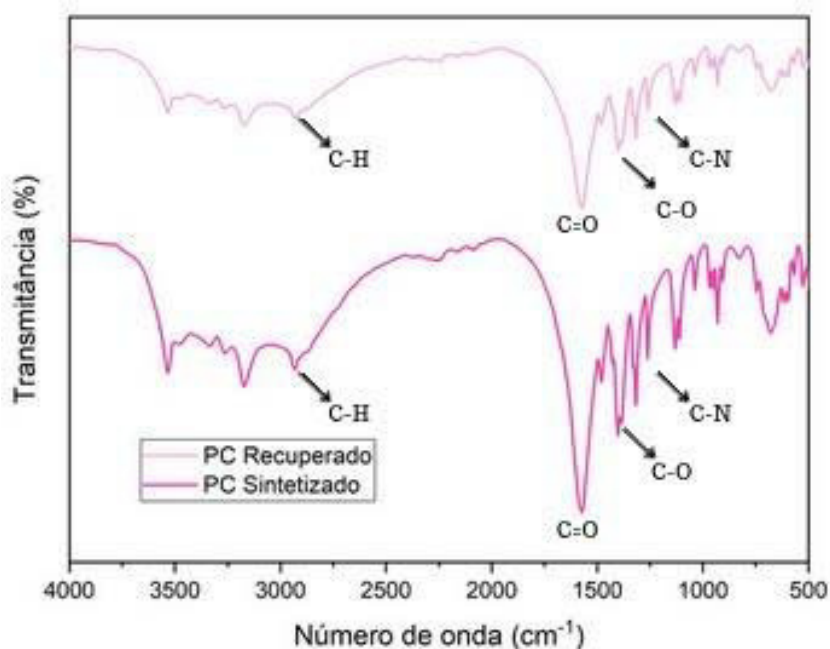
Para a obtenção dos adutos, utilizando derivados com substituição nas posições 5 e 7 do anel aromático, com grupos retiradores de elétrons, observamos tempos reacionais relativamente curtos, devido ao aumento da eletrofilicidade causada pela presença de átomos eletronegativos no anel aromático, em contrapartida, na fase de isolamento, parte destes produtos se solubilizaram na fase aquosa. Por possuírem átomos bastante eletronegativos, é de se esperar que se estabeleça ligações de hidrogênio entre o DES e os adutos, causando essa diminuição no rendimento isolado. (entradas 3,4, 6, 7 e 8)

Para o substrato com a metila na posição 5 do anel, tivemos um tempo relativamente longo. Isso já era esperado, devido ao efeito de hiperconjugação, que torna a carbonila cetônica menos reativa (entrada 5). Para esta reação não houve o consumo completo do reagente de partida, a reação foi acompanhada por CCD e interrompida quando não se observou mais evolução no consumo do reagente, sendo necessário realização de purificação por coluna cromatográfica.

Recuperação e caracterização do polímero de coordenação.

O PC sinterizado e o recuperado foi enviado para a realização de espectroscopia de infravermelho (IV), para confirmar que após o uso, não ocorreram mudanças estruturais. Podemos identificar todos os picos característicos do material tanto antes da utilização como depois, sem nenhum deslocamento nas bandas, não apresentando nenhuma incorporação de material de partida ou produto no PC recuperado. (Figura 4).

Figura 4. Espectro de infravermelho (KBr) do PC antes e após o uso.



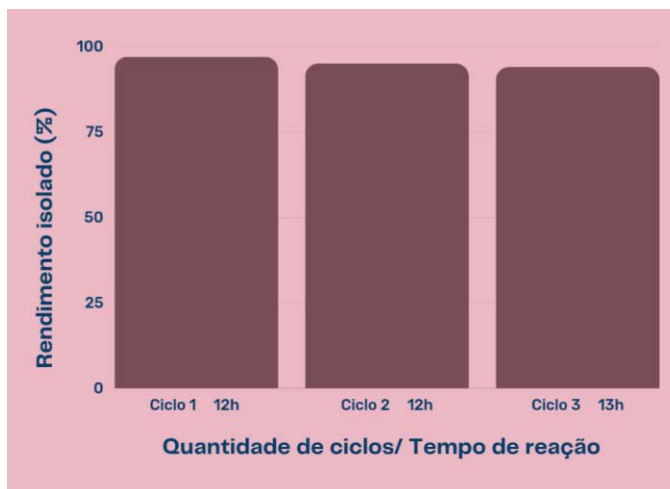
Fonte: próprio autor, 2023

As análises de DRX do PC antes e depois da utilização no sistema proposto estão em andamento.

Após ser utilizado, o material foi lavado com água destilada e deixado sob temperatura ambiente por um dia, em seguida foi macerado e utilizado em uma nova reação padrão, que usou como reagente de partida a *N*-metil-isatina. Foram realizados 3 ciclos de reuso, na qual podemos verificar que o PC manteve sua atividade catalítica no sistema em todos os ciclos (Figura 5). Novos ensaios estão sendo realizados para verificar a estabilidade do sistema DES/PC, visto que, em ensaios anteriores do nosso grupo (Pimentel et al., 2022) se observou uma baixa recuperação do PC quanto utilizados solventes orgânicos como DMF e THF. Analisando os resultados apresentados, a recuperação do PC se mostrou

satisfatória no sistema estudado para reações realizadas em até 24h, desta forma, iniciamos a investigação utilizando o sistema catalítico DES/PC para reações ainda mais longa.

Figura 5. Gráfico de barras indicando reuso do PC durante 3 ciclos



Fonte: próprio autor (2023)

Considerações finais

O sistema DES/PC, aplicado para a otimização das RMBH propostas neste trabalho, se mostrou muito promissor. Podemos perceber diante dos resultados apresentados que, a diminuição do DABCO para quantidades catalíticas aumentava os tempos reacionais de forma significativa, entretanto, a presença do catalisador heterogêneo bimetálico juntamente com o DES, devido aos efeitos co-catalíticos do sistema aqui investigados, reduziu a quantidade de DABCO para várias reações investigadas e ainda assim acelerou as reações em comparação aos protocolos que utilizam apenas o DES, comprovando assim o efeito sinérgico entre o DES e PC utilizados.

Outro ponto a ser destacado, foi a facilidade de retirar o PC do meio reacional após o final da reação, e reutilizá-lo. Essa recuperação foi feita obtendo bons rendimentos, acima de 65% para todos os ensaios realizados, o que indica boa estabilidade do material polimérico no DES. Este estudo verificou que o DABCO é a amina terciária que melhor apresentou efeito catalítico, pois os resultados com DBU e HMTA não trouxeram ganhos significativos nos parâmetros que estavam sendo estudados. Estudos adicionais estão sendo realizados em relação ao reuso do PC na RMBH envolvendo outros substratos. A investigação da atividade antimicrobiana dos compostos sintetizados neste plano de trabalho está em andamento.

Referências

ABBOTT, A. P. et al. Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. **Chemical Communications**, p. 70–71, 2003.

ANASTAS, P.; EGHBALI, N. **Green Chemistry: Principles and Practice**. Chem. Soc. Rev., v.39, p.301–312, 2010.

ANDRADE, J. C. D. et al. Copper and copper-manganese 1D coordination polymers: Synthesis optimization, crystal structure and preliminary studies as catalysts for Baylis–Hillman reactions. **Inorganica Chimica Acta**, 514, 119985, 2021.

ANDRADE, S. D. et al. Deep eutectic solvent co-catalyzed synthesis and antimicrobial activity of Morita-Baylis-Hillman adducts from isatin derivatives. **Journal of Molecular Structure**, v. 1273, p. 134323, 2023.

CARPANEZ, A. G.; COELHO, F.; AMARANTE, G. W. On the tandem Morita-Baylis-Hillman/transesterification processes. Mechanistic insights for the role of protic solvents. **Journal of Molecular Structure**, v. 1154, 83 – 91, 2018.

Da SILVA, B. N. M.; BASTOS, R. S.; SILVA, B. V.; PINTO, A. C. Síntese de 5-nitro-isatina e 5-cloro-isatina a partir da isonitrosoacetanilida. **Química Nova**, 33 (10), 2279 – 2282, 2010.

DE FRANÇA, J. S. et al. Morita-Baylis-Hillman Adduct 2-(3-Hydroxy-2-oxindolin-3-yl)acrylonitrile (ISACN) Modulates Inflammatory Process In vitro and In vivo. **Inflammation**. v. 44(3), p. 899-907, 2021.

JABLONSKY, M. SKULCOVA, A. SIMA J. Use of Deep Eutectic Solvents in Polymer Chemistry—A Review. **Molecules**, v. 24, p. 3978, 2019.

KUMAR, K.; RAWAL, R. K. CuI/DBU-Mediated MBH Reaction of Isatins: A Convenient Synthesis of 3-Substituted-3-hydroxy-2-oxindole. **Chemistry Select**, v.5, p.3048 –3051, 2020.

LAPEÑA, D. et al. Ecotoxicity and biodegradability of pure and aqueous mixtures of deep eutectic solvents: glyceline, ethaline, and reline. **Environmental Science and Pollution Research**, v.28, p. 8812–8821, 2021.

LIMA-JUNIOR, C. G. et al. Microwave Irradiation or Low Temperature Improved Synthesis of Antiparasitic Morita-Baylis-Hillman Adducts. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Vol. 22, No. 11, p. 2220-2224, 2011.

LIMA-JUNIOR, C.G.; VASCONCELLOS, M.L.A.A. Morita-Baylis-Hillman adducts: Biological activities and potentialities to the discovery of new cheaper drugs. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 20, p. 3954-3971, 2012.

MCQUADE, D. T. et al. A new interpretation of the Baylis Hillman mechanism, **Journal Organic Chemistry**, v. 70, p. 3980-3987, 2005.

PIMENTEL, R. L. G. et al. Mixed-Metal Cu-Mn iminodiacetate coordination polymer as heterogeneous catalyst for Morita-Baylis-Hillman reactions. **Journal of Molecular Structure**, 1263, 133133, 2022.

PIUVEZAM, M. R. et al. Biological Activities of Morita-Baylis-Hillman Adducts (MBHA). **Mini- reviews in Medicinal Chemistry**, v. 23, p. 1691-1710, 2023

SANTOS, M. S. et al. The Morita-Baylis-Hillman Reaction: Advances and Contributions from Brazilian Chemistry. **Current Organic Synthesis**, v.12, p. 830 – 852, 2015.

ZHAO, S. et al. Morita–Baylis–Hillman reaction in eutectic solvents under aqueous medium. **RSC Advances**, v.6, p. 62778 - 62784, 2016

EVENTOS DE CHUVA INTENSA NO ESTADO DA PARAÍBA E DINÂMICA ATMOSFÉRICA ASSOCIADA

NATÁLIA DUARTE DE SOUSA¹
DAISY BESERRA LUCENA²

RESUMO

Este capítulo visa analisar a variabilidade dos Eventos de Chuvas Intensas (ECI) e a dinâmica atmosférica associada na Paraíba, a partir de dados diários de chuva, de 1994 a 2022, disponibilizada pela Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Aplicou-se a técnica estatística dos Quantis para o cálculo dos percentis 95 e 99 a fim de identificar os ECI. Analisou-se a relação existente entre fenômenos oceano/atmosférico e ECI por meio do cruzamento dos dados do percentil 99 e do comportamento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais. Logo, percebe-se que não há uma relação direta entre a maior quantidade de eventos e maiores limiares de chuva, e vice-versa. Ademais, os eventos da TSM podem interferir na ocorrência de eventos extremos de chuva, porém, em princípio, não são determinantes na sua ocorrência nem são responsáveis por maiores volumes de chuvas.

Palavras-chave

Percentis. Chuvas Extremas. ENOS. Dipolo. Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas.

¹ nds2@academico.ufpb.br

² EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO ESTADO DA PARAÍBA/EVENTOS DE CHUVA INTENSA NO ESTADO DA PARAÍBA E DINÂMICA ATMOSFÉRICA ASSOCIADA, daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

Apresentação

O presente capítulo é resultado do projeto de pesquisa intitulado “Eventos extremos de chuva no Estado da Paraíba”, que tem como plano de trabalho o estudo sobre “Eventos de chuva intensa no Estado da Paraíba e dinâmica atmosférica associada”, desenvolvido no Programa de Iniciação Científica na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), durante o período compreendido entre setembro de 2022 a agosto de 2023. Assim, o projeto está inserido na grande área de conhecimento das Ciências Exatas e da Terra, especificamente na área das Geociências, subárea da Meteorologia e especialidade na Climatologia.

Vale ressaltar que a pesquisa em questão está diretamente vinculada ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA). Além disso, a pesquisa desenvolvida fez parte do Projeto Universal (Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018) “Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no Estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios” e é continuidade de projetos de pesquisa de iniciação científica de anos anteriores. Portanto, os resultados encontrados são consequência de diversos anos de pesquisa desenvolvida em conjunto com outros pesquisadores do grupo de estudo e do Projeto Universal, contando com a colaboração de várias instituições parceiras.

Estudos que analisam a relação existente entre elementos e fatores climáticos contribuem para o entendimento da variabilidade espaço-temporal associada às variáveis que interferem em uma determinada área. Logo, isso permite que a sociedade e os gestores se preparem e se planejem quanto à ocorrência de eventos extremos, minimizando os seus impactos que podem ser de ordem econômica, social e ambiental. Neste sentido, esses elementos afetam diretamente a realidade local, o que reforça a importância de estudos associados à chuva. Deste modo, podem servir de subsídio para o planejamento, prevenção, mitigação e adaptação aos impactos decorrentes destes eventos que, em determinadas condições de vulnerabilidade, são capazes de afetar a população.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os Eventos de Chuvas Intensas (ECI), tanto as chuvas intensas quanto as chuvas extremas, com a finalidade de compreender a variabilidade espacial dos ECI no estado da Paraíba e a dinâmica atmosférica associada, para o recorte temporal de 29 anos, especificamente de 1994 a 2022. Assim, os objetivos específicos foram: Atualizar o banco de dados dos ECI no Estado da Paraíba, com base nos limiares dos percentis 95 e 99; Analisar a variabilidade dos ECI no Estado da Paraíba; Levantar os fenômenos sobre os Oceanos Pacífico (ENOS) e Atlântico Tropical (Dipolo); e Verificar a relação entre os eventos sobre os Oceanos e os ECI.

Diante disso, este trabalho tem o objetivo de contribuir com os estudos climatológicos por meio da análise da variabilidade dos Eventos de Chuvas Intensas (ECI) e a dinâmica atmosférica associada no estado da Paraíba. Assim, espera-se que este trabalho possa contribuir com a construção de conhecimento sobre a climatologia do estado, além de ajudar na compreensão do comportamento dos eventos intensos e extremos de chuva. E, a partir disso, acrescentar nas discussões quanto às ações de planejamento e enfrentamento às mudanças climáticas, objetivando a minimização e mitigação dos seus impactos.

Por fim, é importante acrescentar que o projeto teve também a finalidade de incentivar e despertar o interesse dos discentes dos cursos de graduação acerca do desenvolvimento de pesquisas vinculadas à temática ambiental, climática e seus impactos. Consequentemente, buscou fortalecer a pesquisa na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, por meio da publicação e disseminação dos resultados da pesquisa, contribuindo para o crescimento do Programa de Iniciação Científica da UFPB.

Fundamentação Teórica

A questão das mudanças climáticas é uma preocupação global e que tem ganhado cada vez mais força nos últimos anos, tanto que o 13º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 13) tem como tema a ação contra a mudança global do clima, com fins à adoção de medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos. Dentre as suas metas, destaca-se o compromisso em “promover mecanismo para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos (...)” (Nações Unidas Brasil, 2023).

O Sexto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) aponta que o homem é responsável por causar mudanças rápidas e generalizadas na atmosfera, no oceano, na criosfera e na biosfera, de tal modo que são percebidas condições meteorológicas e climáticas extremas em todas as partes do mundo. Além disso, a influência humana é apontada como a causa provável do aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos desde a década de 1950, incluindo ondas de calor, fortes chuvas, secas e ciclones tropicais (IPCC, 2023).

Por apresentar uma natureza dinâmica, a atmosfera apresenta um ritmo natural marcado pela ocorrência de eventos usuais e eventos extremos (anômalos ou excepcionais). Define-se como eventos usuais aqueles que são mais frequentes, não se distanciam significativamente da média e são mais fáceis de serem absorvidos pela sociedade. Já os eventos extremos caracterizam-se por apresentar valores distantes da média que variam em magnitude, podendo ser superior ou inferior à média, bem como são menos frequentes e causam grandes impactos à sociedade (Farias; Alves; Nóbrega, 2012).

O Nordeste do Brasil (NEB), região em que está situado o estado da Paraíba, caracteriza-se por apresentar uma elevada variabilidade anual e interanual de precipitação, além de uma considerável distribuição espacial (Silva *et al.*, 2003; Menezes, 2006; Silva *et al.*, 2022). Particularmente, na Paraíba, essa variabilidade é ainda mais notória tanto que se destaca por ser o estado nordestino com maior variabilidade espacial de chuvas, com totais médio anuais que variam de 300 mm (Cariri) a 1700 mm (Litoral), com distância aproximada de 150 km (Becker *et al.*, 2011).

A precipitação é considerada uma das variáveis atmosféricas que mais impacta nas atividades humanas (Silva *et al.*, 2020). Por isso, é importante estudar a distribuição espaço-temporal das chuvas para entender a sua influência no ciclo hidrológico, na agricultura, no turismo, dentre outras atividades (Wanderley; Amorim; Carvalho, 2012). Na Paraíba, as atividades agropecuárias são ainda muito dependentes da disponibilidade da água na forma de chuva, em quantidade e qualidade suficientes, de tal modo que as potencialidades e limitações ambientais são aspectos determinantes para o sucesso dessas atividades (Francisco, 2010).

Metodologia

Área de estudo

Dentre os nove estados que integram a região Nordeste do Brasil, destaca-se o estado da Paraíba que é o foco do presente estudo. Atualmente, a Paraíba apresenta uma população de 3.974.495 habitantes, distribuída nos 223 municípios paraibanos, os quais ocupam uma área de 56.467,242 km², equivalente a 0,663% do território nacional (IBGE, 2022; Francisco, 2010).

Localiza-se no extremo leste do país entre os paralelos de 6°02'12"S e 8°19'18"S e entre os meridianos de 34°45'54"O e 38°45'45"O. Ao Norte, faz divisa com o Estado do Rio Grande do Norte; à Leste, com o Oceano Atlântico; à Oeste, com o estado do Ceará; e ao Sul, com o estado de Pernambuco.

Com base nas características pluviométricas, Braga e Silva (1990), citados por Silva (2007), Becker *et al.* (2011) e Silva *et al.* (2022), propuseram a divisão do estado em 6 (seis) Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas (MPH). A partir de técnicas de análise multivariada, que permitiram a identificação de um padrão comum entre as localidades, elas foram divididas em: Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (Figura 01). Para facilitar a identificação e localização dos 223 municípios do estado da Paraíba na Figura 01, estes foram numerados de 1 a 223 (Tabela 01).

Figura 01 – Localização e identificação dos 223 municípios do estado da Paraíba

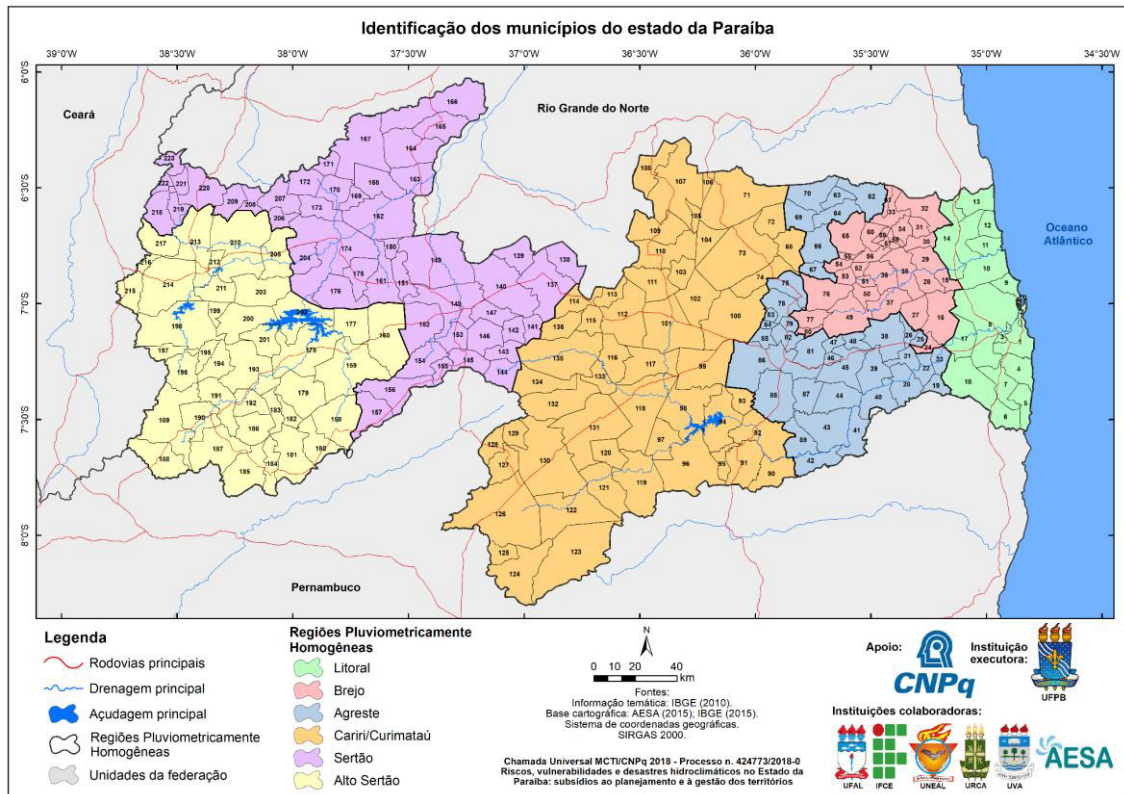


Tabela 01 – Listagem dos 223 municípios que compõem o estado da Paraíba com seu código de identificação

CÓDIGO	MUNICÍPIO	CÓDIGO	MUNICÍPIO	CÓDIGO	MUNICÍPIO	CÓDIGO	MUNICÍPIO
1	João Pessoa	57	Sertãozinho	113	Tenório	169	Mato Grosso
2	Cabedelo	58	Duas Estradas	114	Junco do Seridó	170	Jericó
3	Bayeux	59	Serra da Raiz	115	Assunção	171	Brejo dos Santos
4	Conde	60	Belém	116	Santo André	172	Bom Sucesso
5	Pitimbu	61	Logradouro	117	Gurjão	173	Lagoa
6	Caaporã	62	Campo de Santana	118	São João do Cariri	174	Pombal
7	Alhandra	63	Riachão	119	Caraúbas	175	São Bentinho
8	Santa Rita	64	Dona Inês	120	Coxixola	176	Cajazeirinhas
9	Lucena	65	Bananeiras	121	Congo	177	Emas
10	Rio Tinto	66	Solânea	122	Camalaú	178	Piancó
11	Marcação	67	Arara	123	São João do Tigre	179	Santana dos Garrotes
12	Baía da Traição	68	Casserengue	124	São Sebastião do Umbuzeiro	180	Tavares
13	Mataraca	69	Cacimba de Dentro	125	Zabelé	181	Princesa Isabel
14	Mamanguape	70	Araruna	126	Monteiro	182	Nova Olinda
15	Capim	71	Cuité de Mamanguape	127	Prata	183	Pedra Branca
16	Sapé	72	Damião	128	Ouro Velho	184	São José de Princesa
17	Cruz do Espírito Santo	73	Barra de Santa Rosa	129	Amparo	185	Manaíra
18	Pedras de Fogo	74	Algodão de Jandaíra	130	Sumé	186	Curral Velho
19	Juripiranga	75	Remígio	131	Serra Branca	187	Santana de Mangueira
20	Itabaiana	76	Areia	132	São José dos Cordeiros	188	Santa Inês
21	São José dos Ramos	77	Alagoa Nova	133	Parari	189	Conceição
22	Pilar	78	Esperança	134	Livramento	190	Ibiara
23	São Miguel de Taipu	79	São Sebastião de Lagoa de Roça	135	Taperoá	191	Diamante
24	Sobrado	80	Matinhas	136	Salgadinho	192	Boa Ventura
25	Riachão do Poço	81	Massaranduba	137	Santa Luzia	193	Itaporanga
26	Caldas Brandão	82	Lagoa Seca	138	São José do Sabugi	194	São José de Caiana
27	Mari	83	Areial	139	Várzea	195	Serra Grande
28	Cuité de Mamanguape	84	Montadas	140	São Mamede	196	Bonito de Santa Fé
29	Itapororoca	85	Puxinanã	141	Areia de Baraúnas	197	Monte Horebe
30	Curral de Cima	86	Campina Grande	142	Passagem	198	São José de Piranhas
31	Pedro Régis	87	Fagundes	143	Cacimbas	199	Carrapateira
32	Jacarauá	88	Queimadas	144	Desterro	200	Aguiar
33	Caiçara	89	Gado Bravo	145	Teixeira	201	Igaracy
34	Lagoa de Dentro	90	Santa Cecília	146	Cacimba de Areia	202	Coremas
35	Araçagi	91	Alcantil	147	Quixabá	203	São José de Lagoa Tapada
36	Guarabira	92	Barra de Santana	148	Patos	204	São Domingos
37	Mulungu	93	Caturité	149	São José de Espinharas	205	Aparecida
38	Gurinhém	94	Boqueirão	150	Vista Serrana	206	São Francisco
39	Mogéio	95	Riacho de Santo Antônio	151	Malta	207	Santa Cruz
40	Salgado de São Félix	96	Barra de São Miguel	152	Santa Teresinha	208	Lastro
41	Natuba	97	São Domingos do Cariri	153	São José do Bonfim	209	Vieirópolis
42	Umbuzeiro	98	Cabaceiras	154	Mãe d'Água	210	Sousa
43	Aroeiras	99	Boa Vista	155	Maturéia	211	Nazarezinho
44	Itatuba	100	Pocinhos	156	Imaculada	212	Marizópolis
45	Ingá	101	Soledade	157	Água Branca	213	São João do Rio do Peixe
46	Riachão de Bacamarte	102	Olivedos	158	Juru	214	Cajazeiras
47	Serra Redonda	103	Cubati	159	Olho d'Água	215	Cachoeira dos Índios
48	Juarez Távora	104	Sossêgo	160	Catingueira	216	Bom Jesus
49	Alagoa Grande	105	Baraúna	161	Condado	217	Santa Helena
50	Alagoinha	106	Nova Floresta	162	Paulista	218	Triunfo
51	Cuitégi	107	Picuí	163	São Bento	219	Poço de José de Moura
52	Pilões	108	Frei Martinho	164	Brejo do Cruz	220	Uiraúna
53	Pilões	109	Nova Palmeira	165	São José do Brejo do Cruz	221	Santarém
54	Serraia	110	Pedra Lavrada	166	Belém do Brejo do Cruz	222	Bernardino Batista
55	Borborema	111	Seridó	167	Catolé do Rocha	223	Poço Dantas
56	Pirpirituba	112	Juazeirinho	168	Riacho dos Cavalos		

Organização: Natália Duarte de Sousa (2023).

De forma simplificada, há dois regimes bem característicos de chuvas na Paraíba. Nas microrregiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú, o período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a maio; já nas microrregiões do Agreste, Brejo e Litoral, o período chuvoso corresponde aos meses de abril a julho (Francisco; Santos, 2017).

Segundo a classificação climática de Köppen, o estado da Paraíba possui três tipos de clima predominantes: As' (quente e úmido), com pluviosidade média anual de 1.800 mm condensada, principalmente, nos meses do outono e inverno; Bsh (semiárido quente), que apresenta chuvas de verão que chegam a marcar totais pluviométricos anuais que variam de 350 a 500 mm; e Aw' (quente semiúmido), com totais pluviométricos anuais de 800 mm concentrados no período do verão ao outono (Pereira; Silva, 2016).

Fonte dos dados

Foram utilizados dados diários de chuva, considerando a série temporal de 01 de janeiro de 1994 a 31 de dezembro de 2022, disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Desde o início da década de 1990, este é o órgão estadual responsável por coletar e organizar os dados diários, mensais e anuais de chuva no estado da Paraíba (Silva, 2007). A AESA conta com 253 postos pluviométricos, os quais estão distribuídos nos 223 municípios do estado da Paraíba.

Neste projeto de pesquisa, o banco de dados dos ECI foi atualizado para o período recente (2019 a 2022) para os municípios estudados, isto porque o banco de dados existente, resultante do Projeto Universal “Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no Estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios” (Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018), considerava apenas o período de 1994 a 2018, sendo este último o ano correspondente ao ano de aprovação do projeto supracitado.

A realização de estudo de análise da variabilidade apresenta como uma de suas limitações a falta de dados consistentes (Farias; Alves; Nóbrega, 2012). Por isso, há uma dificuldade no desenvolvimento de estudos sobre eventos intensos de chuva e, por conseguinte, um comprometimento dos resultados dos mesmos em virtude da falta de dados climatológicos diários confiáveis e de boa qualidade (Marengo; Valverde, 2007).

Como foram encontradas falhas nos dados dos postos pluviométricos disponibilizados, foi preciso adotar o critério de escolha das estações meteorológicas proposto por Camargo *et al.* (2011), por meio da seleção das estações pluviométricas que apresentaram as séries mais longas e completas, logo com a maior homogeneidade dos dados. No entanto, uma quantidade considerável de municípios apresentou dados incompletos de chuvas, sendo necessário excluir aqueles com menos de 70% de dados disponíveis para que os resultados gerados não tivessem a sua qualidade e confiabilidade comprometidas. Assim, após a exclusão, restaram 188 municípios que, de fato, foram analisados na pesquisa, o que corresponde a, aproximadamente, 84% do total de municípios do estado.

Análise dos Quantis: Percentil 95 e 99

Para identificar os eventos de ECI, foi aplicada a análise dos Quantis que consiste na organização da série de dados em ordem crescente para depois dividir em n partes iguais. Deste modo, aplicou-se a técnica dos Percentis (P), em que é feita a divisão da amostra em 100 partes, na qual cada uma apresenta porcentagem de dados, aproximadamente, igual (Costa *et al.*, 2015).

Para analisar os ECI, foram aplicados o Percentil de ordem 95 (P95) e 99 (P99) que caracterizam, respectivamente, as chuvas intensas e extremas. No caso do P95, os dados, com chuva acima de 0 mm (sem chuva), são separados de tal forma que 95% das informações ficam abaixo do limiar e, conseqüentemente, os 5% restantes ficam acima dele, enfatizando as chuvas intensas de cada posto pluviométrico. De modo semelhante, o P99 divide os dados de chuva superior a 0 mm entre os 99% que estão abaixo do limiar e 1% acima dele, que correspondem às chuvas extremas. Isto é, toda chuva que exceda o limiar definido pelo P95, será chamada de chuva intensa e, toda chuva acima do limiar do P99, é caracterizada como chuva extrema. Assim, uma chuva extrema é também intensa.

Justifica-se a utilização da técnica dos Quantis por ela já ter sido aplicada com sucesso em outros trabalhos voltados à determinação dos eventos extremos, como mostram diversos estudos (Costa *et al.*, 2015; Pereira; Moura; Lucena, 2020; Silva *et al.*, 2022). Acrescenta-se que os Percentis foram também baseados em dois dos nove índices climáticos voltados para a análise de chuvas e recomendados pelo *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices* - ETCCDMI (em português, Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas), especificamente o R95p e o R99p.

Utilizou-se a planilha eletrônica do Excel para calcular os Percentis, através da função PERCENTIL.EXC (matriz, k), na qual o intervalo de dados de cada posto pluviométrico corresponde à matriz de dados e o k equivale ao valor do percentil que deve estar compreendido no intervalo de 0 a 1. Assim, para o P95, $k = 0,95$; e para o P99, $k = 0,99$. A partir disso, foram determinados os limiares dos eventos intensos e extremos, ou seja, o volume de chuva (em mm) que define o tipo de evento positivo de chuva em cada município, além da quantidade de eventos intensos e extremos que ocorreram.

Acrescenta-se que, inicialmente, a atualização do banco de dados foi realizada em planilha eletrônica do Excel, utilizando os limiares anteriormente calculados apenas com os dados de precipitação de 1994 a 2018. Em seguida, usando o software RStudio, pode-se recalcular, de forma rápida e eficiente, tais limiares considerando a série histórica mais atual de 1994 a 2022. Para tanto, a discente contou com a consultoria do Projeto de Extensão Universitária em Ciências Climáticas e Ambientais, denominado “Processamento e Análise de Dados Ambientais com R”, do Laboratório de Meteorologia (LAMET), da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), coordenado pela Profa. Dra. Eliane Barbosa Santos. Esta consultoria foi muito importante por permitir o acompanhamento e a construção de um *script* no R para o cálculo dos percentis e a contabilização dos eventos intensos e extremos, podendo o mesmo ser posteriormente adaptado em futuras pesquisas.

Com essas informações atualizadas, foi possível realizar a espacialização dos limiares e da quantidade de eventos de cada percentil com a finalidade de compreender a variabilidade espacial desses eventos ao longo das diferentes MPH do território paraibano. Os limiares foram classificados em 5 classes com intervalos iguais de acordo com o maior e o menor valor observado.

Eventos sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico

Dentre os sistemas meteorológicos, associados à interação oceano-atmosfera, que provocam chuvas e atuam na região Nordeste e, por conseguinte, no estado da Paraíba, pode-se citar: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), Sistemas Frontais, Linhas de Instabilidade (LI), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), e Brisas Marítimas e Terrestres (Nóbrega, 2012). É importante mencionar também a influência da variabilidade/dinâmica da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) que influencia diretamente o tempo no NEB com os fenômenos El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e o gradiente inter-hemisférico das anomalias da TSM no Oceano Atlântico, conhecido como DIPOLO (Costa *et al.*, 2015).

A TSM tem a sua importância por influenciar na evolução ou minimização de um sistema meteorológico, já que ela provoca a troca de uma grande quantidade de energia na forma de calor entre o oceano e a atmosfera. Sendo assim, o Atlântico Tropical tem um papel fundamental sobre o NEB, podendo intensificar ou minimizar os efeitos do Pacífico. No trimestre março-abril-maio, observa-se um padrão de variabilidade oceano-atmosfera de grande magnitude sobre o Atlântico Tropical, denominado de Padrão do Dipolo Atlântico (Nóbrega, 2012).

Deste modo, o Dipolo é calculado a partir da diferença entre as anomalias normalizadas de TSM mensal da bacia norte ($5,5^{\circ}\text{N}$ - $23,5^{\circ}\text{N}$; 15°O - $57,5^{\circ}\text{O}$) e da bacia sul (0° - 20°S ; 10°L - 30°O), ou seja, seu cálculo é feito pela diferença entre os índices *Tropical Northern Atlantic Index* (TNAI) e o *Tropical Southern Atlantic Index* (TSAI), ambos obtidos no site do NOAA – *Physical Sciences Laboratory* (<https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>). Logo, o Dipolo pode assumir as fases positiva, negativa ou neutra a depender do valor obtido a partir dessa diferença.

Para que o Dipolo seja considerado significativo, este deve ser maior que $+0,5^{\circ}$ (Dipolo positivo) ou menor que $-0,5^{\circ}$ (Dipolo negativo) por, pelo menos, 2 meses consecutivos (Lucena,

2008). Isoladamente, o Dipolo negativo favorece a formação de chuvas no Nordeste. Já o Dipolo positivo, pode inibir a formação e ocorrência de chuvas. Na análise, foi considerado o período de janeiro a junho para a atuação do Dipolo, porém o mesmo é mais intenso entre os meses de fevereiro a maio.

O ciclo do ENOS é caracterizado por alterações na temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico Equatorial, apresentando uma fase neutra e duas extremas (El Niño e La Niña). Quando as condições meteorológicas no Oceano Pacífico são normais, acontece a fase neutra, em que os ventos alísios sopram na direção oeste de tal modo que as águas quentes são movimentadas em direção ao Pacífico ocidental. Na fase de El Niño, também chamada de fase quente, ocorre o aquecimento anormal das águas superficiais do Pacífico Tropical em virtude da redução dos ventos alísios. Já na fase de La Niña, ou fase fria, há o resfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical por causa do aumento da velocidade dos ventos alísios (Araújo, 2012).

O *Oceanic Niño Index* (ONI) é considerado o padrão do NOAA para a identificação e classificação dos eventos ENOS no Pacífico Tropical Oriental, o qual pode ser obtido no mesmo site supracitado do NOAA. O ONI é o índice que mede a anomalia média observada de TSM de 3 meses consecutivos na região Niño 3.4, situada entre 5°N-5°S e 120°L-170°O. Para que seja considerado um evento anômalo, deve ser observada uma anomalia de 5 períodos consecutivos de 3 meses sobrepostos que sejam iguais ou superiores à anomalia de +0,5° nos casos de eventos quentes (El Niño) e iguais ou inferiores à anomalia de -0,5° para os eventos frios (La Niña). Em geral, nas análises, considera-se o período de agosto a dezembro para a determinação do ENOS. Contudo, este é mais intenso entre os meses de setembro a novembro (Lucena, 2008).

Os eventos de El Niño e La Niña podem ainda ser subdivididos de acordo com a intensidade do evento, sendo classificados em Fraco, Moderado, Forte ou Muito Forte a depender do limite em que se enquadra (Tabela 02). De qualquer modo, para ser classificado nessas categorias é preciso que a anomalia tenha permanecido em valor igual ou superior ao limiar da categoria mais elevada durante, pelo menos, 3 períodos consecutivos de 3 meses sobrepostos (*Golden Gate Weather Services*, 2023).

Tabela 02 – Classificação dos limites de intensidade dos eventos ENOS

INTENSIDADE	LIMITE
El Niño Muito Forte	Maior ou igual a +2,0°
El Niño Forte	Entre +1,5° e +1,9°
El Niño Moderado	Entre +1,0° e +1,4°
El Niño Fraco	Entre +0,5° e +0,9°
Neutro	Entre -0,4° e +0,4°
La Niña Fraca	Entre -0,9° e -0,5°
La Niña Moderada	Entre -1,4° e -1,0°
La Niña Forte	Entre -1,9° e -1,5°
La Niña Muito Forte	Menor ou igual a -2,0°

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

O ONI é um dos índices utilizados para medir o ENOS, mas há outros índices capazes de confirmar se características consistentes com um fenômeno acoplado oceano-atmosfera ocorreram nestes períodos (NOAA/CPC, 2023). Observa-se que, isoladamente, em anos de El

Niño, há uma tendência de redução na precipitação na região NEB, já que o aquecimento das águas do Pacífico inibe a formação de nuvens e, conseqüentemente, ocorrem estiagens prolongadas. Por outro lado, nos anos de La Niña, a precipitação tende a aumentar no NEB em virtude do favorecimento da formação de nuvens e a produção de chuvas na região (Sousa, 2010; Nóbrega, 2012; Costa *et al.*, 2015).

Associando os dados do percentil 99 e as anomalias da TSM, foi possível realizar uma análise quanto à relação existente entre os eventos sobre os oceanos e os ECI. Para isso, foram elaboradas tabelas para cada MPH do estado, selecionando apenas um município para representar cada uma. Devido à grande de municípios, ficaria inviável, inicialmente, realizar a análise para todo o estado. Assim, nas tabelas, foram destacados o estado do ENOS, sua intensidade, as condições do Dipolo, o limiar do P99 do município no período estudado, a quantidade de eventos que superaram o limiar do P99, o maior evento extremo observado e a data que o mesmo ocorreu. O critério de seleção do município baseou-se na disponibilidade de dados, bem como na relevância do município para a região.

Neste estudo, deu-se preferência à análise dos eventos de El Niño e de como o mesmo impacta a ocorrência dos eventos extremos quando associado ao Dipolo. Foi preciso limitar e direcionar melhor a análise para que a mesma não ficasse muito extensa em virtude da restrição quanto ao tamanho do trabalho. Além disso, esse direcionamento permitirá entender um cenário específico em que não é esperado o favorecimento de chuvas e, em consequência disso, a ocorrência de eventos extremos. Portanto, será possível compreender até que medida a dinâmica da TSM no Oceano Pacífico influencia no clima do estado da Paraíba e se o mesmo se sobressai às condições do oceano Atlântico.

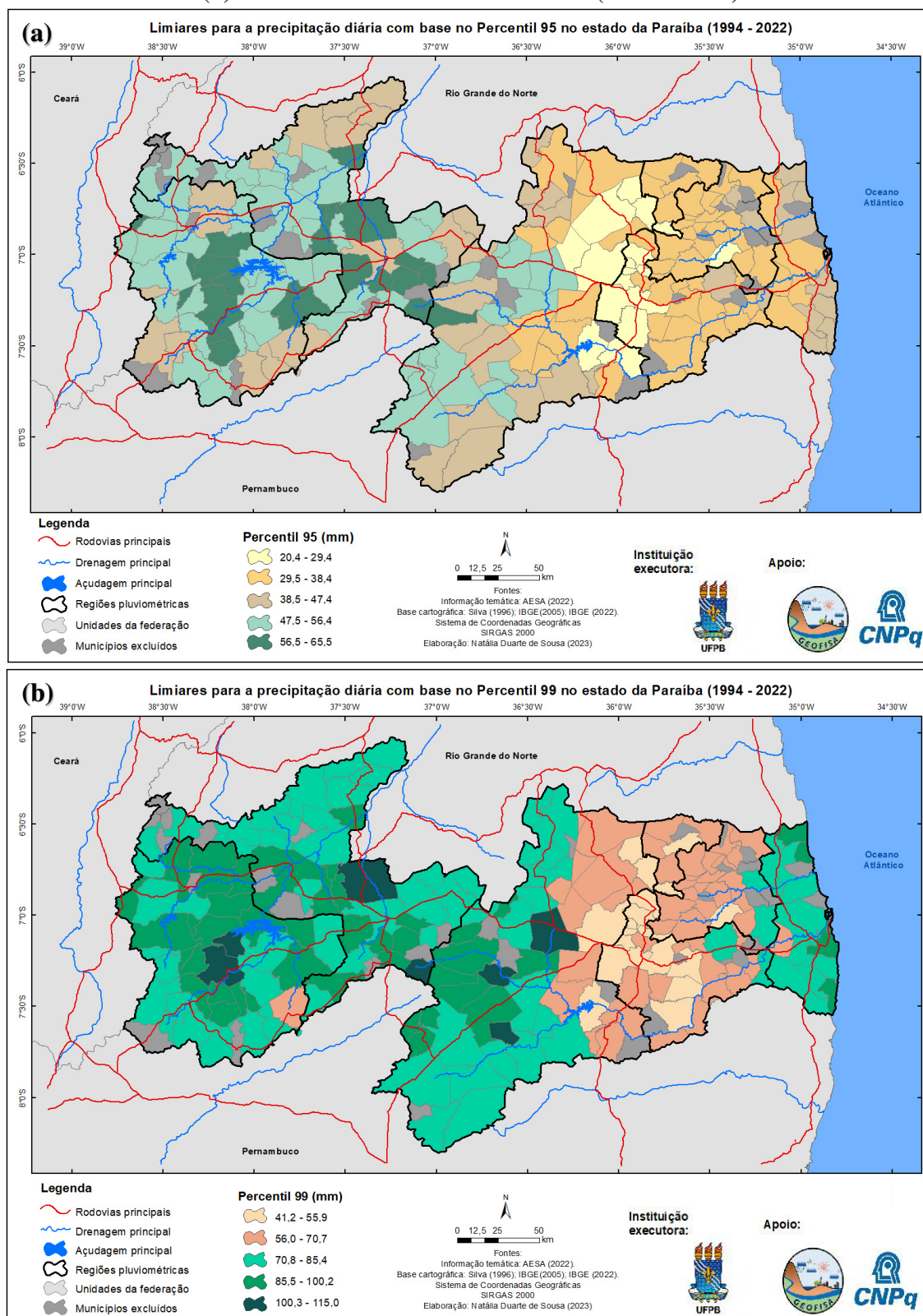
Resultados e Discussão

Variabilidade espacial dos ECI

É possível dizer que, com a atualização dos limiares, estes ficaram mais homogêneos ao longo das MPH, de tal modo que os municípios com limiares semelhantes estão mais agrupados. De maneira geral, os valores estão menos discrepantes, pois houve a redução dos limiares e também a redução da diferença entre o maior e o menor valor observado. Normalmente, as chuvas são mais concentradas na região litorânea da Paraíba, mas os maiores volumes de chuva são observados na região semiárida do estado, principalmente as MPH do Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão. Esse mesmo comportamento foi verificado no trabalho de Araújo (2020) que analisou os dados horários de chuva para os municípios do estado da Paraíba.

Consoante a isso, os maiores limiares de chuva diária estão mais concentrados nas microrregiões do Sertão e Alto Sertão tanto para o P95 quanto o P99. Apenas alguns poucos municípios do Cariri/Curimataú apresentam limiares da maior classe. Destaca-se que, no Alto Sertão, há uma área bastante úmida capaz de favorecer e contribuir com a ocorrência de chuvas nessa região (Rodrigues; Lopes; Sousa, 2020). Para o P99, ressalta-se ainda o Cariri/Curimataú e o Litoral com limiares consideráveis de chuva diária (Figura 02a e 02b). Quanto às regiões do Brejo e Agreste, são registrados limiares menores, sobretudo na região de transição do Cariri/Curimataú, na qual são observados os menores valores de precipitação diária do estado. Uma das possíveis justificativas dessa realidade é a contribuição do Planalto da Borborema que tem a capacidade de interferir nas condições climáticas da região (Cavalcante, Lucena; Moura, 2019).

Figura 02 – Espacialização dos limiares de precipitação diária referente ao (a) Percentil 95 e (b) Percentil 99 no estado da Paraíba (1994 - 2022)



Analisando os limiares do P95 (Figura 02a), identificou-se os maiores valores de P95 por microrregião. O maior limiar de P95 do estado foi observado na região do Alto Sertão, especificamente, no município de Serra Grande, que apresentou chuva diária de 65,45 mm. Em

seguida, tem-se o município de São José do Bonfim, da MPH do Sertão, que apresentou o limiar de 62,48 mm de chuva por dia. No Cariri/Curimataú, o município que apresentou o maior limiar foi Livramento com uma precipitação diária de 57,93 mm. As regiões do Agreste e Litoral apresentaram os maiores valores de P95 bem próximos com limiares de, respectivamente, 47,39 mm em São Miguel de Taipu e 47,34 mm na Baía da Traição.

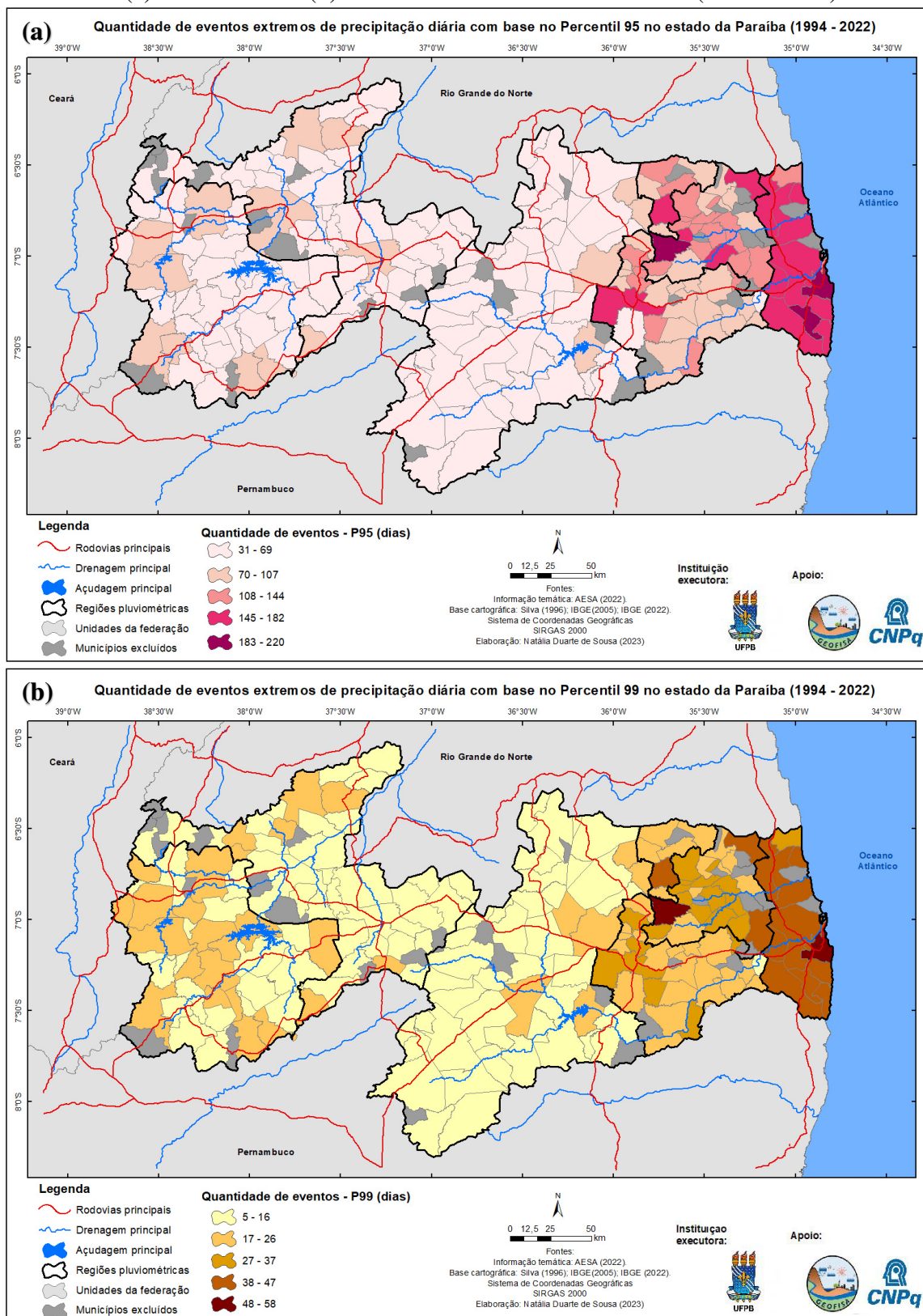
No caso do P99 (Figura 02b), o maior limiar do estado foi registrado no município de Coxixola no Cariri/Curimataú, onde foi observada a precipitação diária de 114,95 mm. Na região do Sertão, o maior limiar foi de 109,30 mm de chuva diária no município de São José de Espinharas. No município de Igarary, na MPH do Alto Sertão, identificou-se como maior limiar o valor de 105,64 mm de precipitação diária. Do mesmo modo do P95, as regiões do Litoral e Agreste também apresentaram valores semelhantes de precipitação diária de, respectivamente, 89,60 mm (Cabedelo) e 83,99 mm (São Miguel de Taipu) para o P99. Por fim, tem-se a região do Brejo com limiar de 75,46 mm, observado em Itapororoca.

Destoando do que foi observado nos mapas dos limiares dos volumes pluviométricos, o Litoral, o Brejo e o Agreste apresentam-se como as regiões em que ocorrem as maiores quantidades de eventos extremos tanto para o P95 quanto o P99 (Figura 03a e 03b). Por outro lado, nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, são observados menos eventos intensos e extremos. No entanto, quando eles ocorrem, costumam ser com um volume de chuvas maior, assim como visto anteriormente nos mapas dos limiares.

Pode-se apontar o efeito da continentalidade como um dos fatores responsáveis por isso, uma vez que, à medida que se adentra ao estado, diminui-se a interferência do Oceano Atlântico no continente e a sua contribuição na produção de chuvas em virtude da redução da umidade. Ademais, há também a influência do Planalto da Borborema que é capaz de favorecer positivamente a formação de chuvas na região do Agreste e negativamente na região do Cariri/Curimataú (Rodrigues; Lopes; Sousa, 2020).

Todavia, é importante mencionar que, além destes fatores, existem outras causas que interferem na distribuição de chuvas no NEB e, conseqüentemente, no semiárido nordestino brasileiro, a exemplo dos sistemas atmosféricos. Não só isso, mas também a influência dos eventos atuantes sobre os oceanos, como o Dipolo do Atlântico Tropical e o El Niño – Oscilação Sul (ENOS), que podem interferir na posição dos sistemas atmosféricos, alterando as chuvas no NEB (Molion *et al.*, 2002, *apud* Saboya *et al.*, 2021).

Figura 03 – Espacialização da quantidade de eventos extremos de precipitação diária referente ao (a) Percentil 95 e (b) Percentil 99 no estado da Paraíba (1994 - 2022)



Do mesmo modo que os limiares, após a atualização dos dados, as quantidades de eventos também ficaram mais homogêneas, especialmente do P95 que apresentava valores

muito discrepantes tanto que houve uma redução dos valores observados da média, mediana, maior e menor valor (Figura 03a e 03b). Assim como ocorreu nos mapas dos limiares, a análise das quantidades de eventos se baseou na identificação dos municípios com a maior quantidade de eventos por microrregião.

É interessante destacar que os municípios que apresentaram as maiores quantidades de eventos do P95 por microrregião se repetiram no P99. Conforme dito anteriormente, as chuvas são mais concentradas na região do Litoral, onde é observada a maior quantidade de eventos extremos. Neste sentido, João Pessoa destaca-se por ter registrado 220 eventos de P95 e 58 eventos do P99 para o período analisado. Em seguida, tem-se a região do Brejo, especificamente o município de Areia, onde foram observados 218 eventos do P95 e 54 do P99. No Agreste, o município que teve o maior número de eventos foi Campina Grande com 160 eventos do P95 e 40 de P99. Na microrregião do Alto Sertão, Sousa registrou 93 eventos de P95 e 25 de P99. O município de Casserengue teve o maior número de observações de eventos da região do Cariri/Curimataú, no qual foram 88 eventos de P95 e 23 de P99. Por último, a MPH do Sertão teve a menor quantidade com 85 eventos de P95 e 21 de P99 no município de Água Branca.

Análise dos eventos sobre os Oceanos e os ECI

Os fenômenos de El Niño e La Niña, apesar de serem eventuais e aleatórios, acontecem com uma certa regularidade, sendo registrados a cada sete anos, mas podem se manifestar periodicamente a cada dois anos (Araújo, 2012). Seguindo esse padrão, os anos do período estudado em que houve a ocorrência do El Niño foram 1994, 1997, 2002, 2004, 2006, 2009, 2014, 2015 e 2018. Logo, pode-se perceber que, de fato, é comum que o evento se repita a cada dois anos, com algumas exceções em que o intervalo de repetição é maior ou até menor, mas sem exceder o intervalo de sete anos entre uma repetição e outra (Tabela 03).

Tabela 03 – Relação entre os anos de ocorrência e intensidade do El Niño, condições do Dipolo e os eventos extremos ocorridos nos municípios de João Pessoa (Litoral), Campina Grande (Agreste), Areia (Brejo), Monteiro (Cariri/Curimataú), Sousa (Alto Sertão) e Patos (Sertão)

ANOS	ENOS	INTENSIDADE	DIPOLO	LIMIAR (P99)	QTE. DE EVENTOS (P99)	MAIOR EVENTO (mm)	DATA
JOÃO PESSOA							
1994	El Niño	Moderado	Negativo	89,4	2	133,0	04/06/1994
1997		Muito forte	Positivo		1	99,6	18/02/1997
2002		Moderado	Positivo		1	89,4	10/07/2002
2004		Fraco	Neutro		3	116,7	26/07/2004
2006		Fraco	Neutro		0	-	-
2009		Moderado	Negativo		4	146,6	23/05/2009
2014		Fraco	Negativo		0	-	-
2015		Muito forte	Neutro		1	94,2	08/03/2015
2018		Fraco	Negativo		1	106,2	11/07/2018
CAMPINA GRANDE							
1994	El Niño	Moderado	Negativo	47,11	1	47,6	15/03/1997
1997		Muito forte	Positivo		0	-	-
2002		Moderado	Positivo		0	-	-
2004		Fraco	Neutro		4	75,7	01/02/2004
2006		Fraco	Neutro		2	59,4	21/03/2006
2009		Moderado	Negativo		2	52,3	21/02/2009

2014	El Niño	Fraco	Negativo	47,11	1	53,7	13/07/2014
2015		Muito forte	Neutro		1	63,0	06/03/2015
2018		Fraco	Negativo		2	56,8	10/02/2018
AREIA							
1994	El Niño	Moderado	Negativo	56,11	2	71,2	09/07/1994
1997		Muito forte	Positivo		2	95,8	09/02/1997
2002		Moderado	Positivo		2	87,6	16/06/2002
2004		Fraco	Neutro		7	77,1	21/01/2004
2006		Fraco	Neutro		0	-	-
2009		Moderado	Negativo		2	109,0	12/04/2009
2014		Fraco	Negativo		3	79,8	18/02/2014
2015		Muito forte	Neutro		1	59,9	17/07/2015
2018		Fraco	Negativo		1	81,4	01/03/2018
MONTEIRO							
1994	El Niño	Moderado	Negativo	81,19	0	-	-
1997		Muito forte	Positivo		1	105,0	31/12/1997
2002		Moderado	Positivo		0	-	-
2004		Fraco	Neutro		0	-	-
2006		Fraco	Neutro		2	103,0	13/05/2006
2009		Moderado	Negativo		0	-	-
2014		Fraco	Negativo		0	-	-
2015		Muito forte	Neutro		1	96,1	29/12/2015
2018		Fraco	Negativo		0	-	-
SOUSA							
1994	El Niño	Moderado	Negativo	85,27	1	125,9	05/01/1994
1997		Muito forte	Positivo		0	-	-
2002		Moderado	Positivo		1	94,4	02/01/2002
2004		Fraco	Neutro		0	-	-
2006		Fraco	Neutro		0	-	-
2009		Moderado	Negativo		1	114,2	06/05/2009
2014		Fraco	Negativo		0	-	-
2015		Muito forte	Neutro		1	108,9	05/02/2015
2018		Fraco	Negativo		1	105,1	20/02/2018
PATOS							
1994	El Niño	Moderado	Negativo	80,09	0	-	-
1997		Muito forte	Positivo		1	90,0	26/01/1997
2002		Moderado	Positivo		0	-	-
2004		Fraco	Neutro		0	-	-
2006		Fraco	Neutro		1	81,0	30/12/2006
2009		Moderado	Negativo		1	284,6	14/04/2009
2014		Fraco	Negativo		2	149,0	19/03/2014
2015		Muito forte	Neutro		0	-	-
2018		Fraco	Negativo		0	-	-

Fonte: Elaborado por Natália Duarte (2023).

No geral, pode-se afirmar que, apesar de não haver um padrão comum entre os municípios de João Pessoa, Campina Grande, Areia, Monteiro, Sousa e Patos, é possível afirmar

que alguns tendem a serem mais chuvosos, como 2004 e 2009, e outros têm a tendência de serem mais secos, a exemplo de 2014 e 2015. O mesmo foi constatado nos estudos de Sena (2021) que analisou a variabilidade pluviométrica e o índice de vulnerabilidade geral no semiárido brasileiro. No entanto, cada localidade tem o seu próprio padrão de chuva que está associado às condições meteorológicas e os sistemas atmosféricos que estão atuando no local naquele período. Sendo assim, por mais que haja um comportamento esperado em decorrência das condições da TSM (ENOS e Dipolo), a realidade pode ser bem diferente do que se espera.

Em João Pessoa, na microrregião do Litoral, o maior evento extremo de chuva foi de 146,6 mm no dia 23/05/2009. Destaca-se ainda que, neste mesmo ano, foram registrados 4 eventos extremos acima do P99, sendo esta a maior quantidade de eventos extremos do município em um ano de El Niño. Contudo, é importante destacar que, neste mesmo ano, houve o resfriamento das águas superficiais do Atlântico Sul de tal modo que o Dipolo estava na sua fase negativa, o que pode ter favorecido a formação dessas chuvas. O mesmo aconteceu também nos anos de 1994, 2014 e 2018.

Quando há a associação entre o El Niño e o Dipolo Positivo, como acontece nos anos de 1997 e 2002, há um enfraquecimento da formação de chuvas e, em virtude disso, as quantidades de eventos e os volumes precipitados dos maiores eventos extremos costumam ser mais reduzidos. Já na fase neutra do Dipolo combinada com o El Niño, o seu resultado dependerá da intensidade deste último. No caso do ano de 2004, o El Niño estava fraco e o Dipolo neutro, porém foram identificados 3 eventos ao longo do ano, sendo o maior deles de 116,7 mm no dia 26/07. Estes valores são consideráveis ao comparar com os demais anos e, por isso, seria interessante investigar mais profundamente se houve a atuação de algum sistema atmosférico nas regiões do Litoral, Brejo e Agreste, já que Campina Grande e Areia também registraram uma quantidade significativa de eventos extremos e o limiar também foi considerável nesse mesmo ano.

Em Campina Grande, o maior evento extremo que ocorreu em ano de El Niño no período analisado foi justamente em 2004, quando o Dipolo estava neutro e o El Niño estava fraco. Foram notificados 4 eventos extremos, sendo o maior deles de 75,7 mm no dia 01/02. O mesmo se repetiu em Areia no mesmo ano, quando ocorreram 7 eventos extremos e o maior deles foi de 77,1 mm no dia 21/01. Porém, em Areia, houve um evento ainda maior com um volume precipitado de 109,0 mm no dia 12/04/2009 quando o El Niño estava moderado e o Dipolo estava negativo.

Em Sousa e Patos, os maiores volumes precipitados foram registrados também no ano de 2009 com 144,2 mm no dia 06/05 e 284,6 mm no dia 14/04, respectivamente. É importante destacar que este último foi o maior evento extremo diário registrado em todo estado da Paraíba no período estudado, chamando a atenção por se tratar de um volume altíssimo em um único dia que pode ter acarretado em diversos transtornos para a sociedade do município de Patos. Neste mesmo local, foram notificados 2 eventos extremos no ano de 2014, destoando dos demais anos que apresentaram apenas 1 evento ou nenhum. Além disso, em Sousa, a quantidade de eventos extremos nos anos de El Niño não foi maior do que 1.

Em Monteiro, ainda ocorreram 2 eventos extremos no ano de 2006 quando o El Niño estava fraco e o Dipolo neutro, ou seja, sem o favorecimento de formação de nuvens e a ocorrência de chuvas. Assim, também é preciso entender quais as condições meteorológicas e os sistemas atmosféricos que estavam atuando na região na data dos eventos. Ainda em Monteiro, o maior evento extremo ocorreu no dia 31/12/1997 quando choveu 105,0 mm no dia. Neste ano, o El Niño estava muito forte e Dipolo estava positivo, sendo este um cenário totalmente desfavorável para a ocorrência de chuvas.

Estes resultados mostram que, mesmo se tratando de um cenário que a literatura associa à diminuição da precipitação para o estado, o El Niño por si só não é um fator determinante quanto à ocorrência de eventos extremos. Ainda que associado ao Dipolo Positivo, isso não

impede que haja um evento extremo naquele ano, já que outros fatores meteorológicos e atmosféricos podem interferir local e temporariamente. Logo, assim como observado por Saboya *et al.* (2021), não se pode afirmar que há uma relação direta entre a intensificação na precipitação e sua ocorrência com os eventos do ENOS.

Conclusões

A partir do estudo, pode-se constatar a variabilidade dos eventos intensos e extremos de chuva ao longo do estado da Paraíba. Mais precisamente, conclui-se que:

- Os dados ficaram mais homogêneos após a atualização, sendo isto mais perceptível nos mapas, onde municípios de características semelhantes ficaram mais agrupados;
- Os maiores limiares de chuva diária ocorreram nas MPH do Sertão e Alto Sertão com base nos percentis 95 e 99;
- As maiores quantidades de eventos extremos ocorreram nas MPH do Litoral, Brejo e Agreste, com base nos percentis 95 e 99;
- Não há uma relação direta entre uma maior quantidade de eventos extremos e maiores limiares de chuva, e vice-versa; e
- Os eventos relacionados à TSM podem interferir na ocorrência de eventos extremos, porém não são determinantes na intensificação das chuvas, nem na ocorrência dos eventos extremos.

Portanto, tem-se como sugestão de estudo a análise da associação entre os eventos intensos e/ou extremos e os sistemas atmosféricos atuantes nas localidades estudadas, bem como das condições meteorológicas nas datas dos eventos, especialmente quando as condições da TSM não são favoráveis para a ocorrência de chuva. Além disso, estudos de caso também são interessantes nessas situações para entender os impactos nas sociedades locais decorrentes destes eventos. Acrescenta-se ainda que, não dá para dissociar esses eventos extremos de chuva com as alterações no uso e ocupação do solo, sendo esta uma outra vertente de análise possível.

Por fim, destaca-se a importância da continuidade de estudos de eventos intensos e extremos de chuva, tendo em vista a gestão dos recursos hídricos e o preparo da população quanto ao enfrentamento das adversidades climáticas, não só em localidades com escassez ou falta de chuvas, mas também naquelas que convivem constantemente com eventos extremos positivos, o que demanda melhorias na infraestrutura local e a adaptação da população para conviver com seus impactos. Inclusive, a discente deu prosseguimento aos estudos na temática para a construção do seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), seguindo na mesma linha de pesquisa para o seu mestrado.

Agradecimentos

Primeiramente, à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), à Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo ao desenvolvimento da pesquisa através da concessão da bolsa de iniciação científica à graduanda. Também ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) e ao Projeto Universal “Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no Estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios” (Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018) pela parceria e apoio à pesquisa, especialmente aos colegas pesquisadores que colaboraram com a organização e manipulação dos dados. Por fim, à Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESÁ) pela disponibilidade dos dados de precipitação.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M. O. L. **Análise da precipitação horária no estado da Paraíba.** 2020. 58 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

ARAÚJO, P.H.C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola nas regiões Nordeste e Sul do Brasil.** 2012. 55 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. de M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 01, p. 286-299, 2011.

CAMARGO, C. G.; BRAGA, H.; MALANDRIN, D. A.; MACHADO, L. **Análises de eventos intensos de precipitação na região sul do Brasil: dados históricos.** In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – SESC, Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES. 2011.

CAVALCANTE, G. de P.; LUCENA, D. B.; MOURA, M. de O. As chuvas na região Agreste do Nordeste brasileiro: variabilidade interanual. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, n. 2, p. 290-308, 2019.

COSTA, M. da S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. de M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

FARIAS, R. F. L.; ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia de ocorrência de eventos intensos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas.** 2010. 122 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do estado da Paraíba**, ed. 1. Campina Grande: EDUFPG, 2017.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities.** 2023. Disponível em: <<https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

IBGE – Cidades e Estados. **Instituto Brasileiro de Geografia.** 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2023.

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

LUCENA, D. B. **Impacto dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima do Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2008.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil do Século XXI usando modelos do IPCC-AR4. **Revista MultiCiência**, ed. 8, 2007.

MENEZES, H. E. A. **Influência da Temperatura da Superfície dos Oceanos Tropicais na ocorrência de veranicos no estado da Paraíba**. 2006. 111 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil – ODS 13**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>>. Acesso em: 26 ago. 2023.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – CLIMATE PREDICTION CENTER (NOAA/CPC). **Cold & Warm Episodes by Season**. 2023. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 28 ago. 2023.

NÓBREGA, J. N. **Eventos intensos de precipitação nas Mesorregiões do estado da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico**. 2012. 98 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – UACA), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

PEREIRA, J. A.; SILVA J. B. da. Detecção de focos de calor no Estado da Paraíba: um estudo sobre queimadas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 5 - 16, 2016.

PEREIRA, M. D. B.; MOURA, M. de O.; LUCENA, D. B. Análise da variabilidade pluviométrica interanual da Zona da Mata Nordestina e a identificação de anos padrão. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, p. 30-40, 2020. ISSN: 2237-8642.

RODRIGUES, E. L.; LOPES, R. F. C.; SOUSA, F. de A. A. de. Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação pluvial no estado da Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 100233-100251, 2020. ISSN 2525-8761.

SABOYA, L. M. F.; MEDEIROS, R. M. de; NETO, F. C. R.; ARAÚJO, W. R. de; FRANÇA, M. V. de; HOLANDA, R. M. de. Eventos extremos de precipitação entre 1960-2014 em Bom Jesus-Piauí, Brasil. **Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i9.750>. ISSN 2675-6218.

SENA, J. P. de O. **Variabilidade pluviométrica e índice de vulnerabilidade geral: análise para o semiárido brasileiro**. 2021. 98 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

SILVA, E. A. da; BRITO, J. I. B. de; BECKER, C. T.; CAVALCANTI, E. P.; MANDÚ, T. B.; LIMA, I. P. C de. Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 93-111, 2022.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba**. 2007. 115 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SILVA, P. do N.; CAPUCIN, B. C.; SILVA, B. A.; REBOITA, M. S. Características anômalas do verão de 2019 no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 16, v. 27, p. 612-634, 2020.

SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; NASCIMENTO, M. G.; CAMPOS, J. H. B. C. Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n.2, p. 269-274, 2003.

SOUSA, A. J. S. **Eventos extremos de precipitação no leste da Amazônia**. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas, Alagoas, Maceió, Brasil, 2010.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C. de; CARVALHO, F. O. de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 347- 354, 2012.

A horizontal teal brushstroke with a textured, layered appearance, serving as a background for the text.

CIÊNCIAS HUMANAS

CONSTRUINDO A MEMÓRIA DA PSICOPEDAGOGIA NA PARAÍBA

Igor de Moura Mota ¹; Éder da Silva Dantas ².

Resumo

A presente pesquisa buscou desenvolver uma pesquisa histórica acerca da chegada da Psicopedagogia na Paraíba. Além de fazer uso de fontes bibliográficas, foram coletados os relatos orais de personagens envolvidos no processo de consolidação da Psicopedagogia a partir de entrevistas semiestruturadas. Ao analisar produções históricas, documentos relacionados e os relatos orais coletados foi identificado o possível primeiro curso de especialização em psicopedagogia institucional, criado pela empresa Mendonça Consultoria (hoje “Centro Integrado de Tecnologia e Pesquisa”) em 2002. Também foi descoberto que intervenções voltadas para aprendizagem já eram realizadas por meio de ações de educação inclusiva no estado, possibilitando a linha de pensamento de que a atuação e o pensamento psicopedagógico já estava presente em solo paraibano muito antes da criação do primeiro curso, o que pode servir como gatilho para mudança de pensamento acerca do marco 0 da psicopedagogia na Paraíba.

Palavras-Chave: Educação inclusiva. História da Educação; Educação Paraibana. Psicopedagogia institucional. Psicopedagogia Clínica. História da Psicopedagogia.

¹ igmouramota@gmail.com

² ederdant@hotmail.com, Construindo a Memória da Psicopedagogia na Paraíba, 3216-7570, cgpaic@propesq.ufpb.br

Apresentação

Este trabalho faz parte da pesquisa História da Psicopedagogia na Paraíba: 2002-2022 desenvolvido no âmbito da Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, com uma equipe de docentes e discentes do curso de bacharelado em psicopedagogia da mesma instituição.

A pesquisa se desenvolveu em três etapas: na primeira, um levantamento geral acerca da chegada deste campo do conhecimento ao estado (incluindo os primeiros profissionais formados, os cursos pioneiros, os primeiros encontros científicos e a criação da seção local da Associação Brasileira de Psicopedagogia - ABPP. Na segunda etapa o desenvolvimento da psicopedagogia clínica e, no terceiro e último momento, o desenvolvimento da psicopedagogia institucional.

Trata-se de uma pesquisa de cunho histórico em que se pretende produzir um registro do passado, na qual busca-se fazer a descrição de um acontecimento histórico no decorrer do tempo. Como recorte da área de pesquisa, situa-se no campo da história da educação, cujo objeto de estudo seriam “os agentes, as instituições e os processos de formação e ensino” (HILSDORF, 2002, p.186 apud Saviani, 2006), abarcando as investigações acerca de questões como o “cotidiano material e das relações pedagógicas e sócio educacionais (...) e as múltiplas práticas sociais, educacionais e pedagógicas” (idem).

Na medida em que o desenvolvimento da psicopedagogia é bastante recente, especialmente no Brasil, podemos situar o presente trabalho no campo da história (da educação) do tempo presente. A história da educação do tempo presente se constitui numa abordagem relativamente recente da pesquisa histórica, resultante das profundas mudanças porque passa a humanidade, em um ritmo de aceleração jamais visto. Estas mudanças, que organizam a sociabilidade humana, exigem do historiador um olhar diferenciado. Um dos aspectos que mais se ressalta no campo da história (da educação) do tempo presente é a multiplicação das fontes de pesquisa, incorporando desde o uso de fontes orais, documentais a fontes digitais, obtidas via internet.

Trata-se de uma investigação pioneira, na qual busca-se reconstituir a trajetória deste campo de conhecimento na Paraíba, importante no contexto da expansão da educação superior em âmbito local (que proporcionou o surgimento de inúmeros cursos novos, especialmente em faculdades privadas) e coerente com a crescente demanda por formação e por pesquisa

sobre a questão da aprendizagem, como tema central da área da educação., notadamente após a emergência dos paradigmas da Educação Para Todos (1990) e da Educação Inclusiva (1994)

O estudo tem como objetivo geral reconstituir a História da Psicopedagogia na Paraíba no período entre 2002-2022, construindo uma memória deste processo. O início desse período tem como marco a inserção do psicopedagogo na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) do Ministério do Trabalho, no contexto da expansão da educação superior no Brasil. O recorte geográfico resulta da necessidade de produção em torno do resgate histórico desse campo do conhecimento em termos locais, cujo material ainda é escasso. Buscar-se-á identificar os fatos primordiais da gênese da psicopedagogia no estado, os primeiros cursos instalados, a evolução da rede de formação em Psicopedagogia no estado e a organização da seção local da ABPP.

Fundamentação teórica

A história da psicopedagogia no estado da Paraíba é recente se comparada de antemão com o surgimento da mesma. É certo que toda ciência nasce de uma necessidade, e não seria diferente com a psicopedagogia, segundo as diretrizes de formação do psicopedagogo estabelecidas pela Associação Brasileira de Psicopedagogia “A Psicopedagogia é a área de conhecimento, atuação e pesquisa que lida com o processo de aprendizagem humana, visando o apoio aos indivíduos e aos grupos envolvidos neste processo, na perspectiva da diversidade e da inclusão.” (2013), logo, é cabível instituir que a inclusão foi a necessidade que ergueu a psicopedagogia como meio de lidar com a exclusão no contexto voltado para a cognição. Russo (2018) é clara ao instituir que a inclusão não nasce por contra própria, não é um substrato relativo à outro construto, e na realidade vem como contraponto à exclusão, esta que vem sendo sustentada de modo multidimensional por diversos fatores desde à antiguidade.

Dantas (2021) afirma que a exclusão é um fenômeno universal, e deve ser percebido nas manifestações culturais de maneira minuciosa. Dentro disso, é cabível analisar os principais fatores que viabilizam a exclusão evidente que perdura na sociedade há séculos.

O capitalismo é um exemplo escancarado e recorrente, graças à sua estrutura que busca excessivamente os lucros e a garantia exclusiva dos direitos às classes com mais poder aquisitivo nesse sistema. Engels (1884) aponta que os direitos concedidos aos cidadãos do Estado são-os dados de acordo com suas posses, desse modo, observa-se que o Estado é uma organização destinada a proteger a classe possuidora da não possuidora (p. 214). Sposati (1999) evidencia que no contexto brasileiro as bases da exclusão estão associadas ao processo de colonização, segregação, escravidão e patrimonialismo, formada por um processo estrutural extenso e enraizado, essa espécie de “exclusão institucionalizada vai dos meios mais ambivalentes até a educação.

Apesar dos esforços de movimentos educacionais inclusivos como a escola nova possibilitarem um maior acesso à escolarização pela massa integral a fim de ir de contra a exclusão, portadores de deficiência não tinham acesso à escola moderna, dando segmento à segregação educacional já estabelecida, pois dentro do contexto capitalista tais pessoas possuem força de trabalho limitada e que não merecem investimento. Foi somente na metade do século XX que o discurso da “normalização” ganhou força o suficiente para com o direito de igualdade de pessoas com deficiência intelectual, e em 1960 emerge uma onda global de

reivindicação ao direito civil, abrindo espaço para tratar do multiculturalismo e diversidade fazendo com que minorias exigissem acesso à serviços essenciais, como a educação.

A inclusão sócio-educativa surgiu a partir da conjuntura das reivindicações acerca do direito à aprendizagem de crianças neuro divergentes ou com dificuldades de aprendizagem, Stainback (1996) define a mesma como sendo a “Prática da inclusão de todos – independente de seu talento, deficiência, origem socioeconômica ou cultural – em escolas e salas de aula provedoras, onde o conjunto das necessidades desses alunos sejam satisfeitas”. Mesmo com tais avanços, o cenário brasileiro se vê atrasado quanto à questões relacionadas à democratização do ensino, mesmo com leis em tese auxiliando o acesso à educação, como a lei Lei nº 8.069 (13 de julho de 1990), onde é assegurada a educação, ainda há uma série de lacunas no que diz respeito à inclusividade do sistema educacional, inclusive no que diz respeito à inserção de psicopedagogos nas escolas públicas.

Costa (2013) afirma que a Psicopedagogia tem seu nascimento no continente Europeu, durante o século XIX. Inicialmente, a partir de reflexões de filósofos, médicos e educadores, sobre a aprendizagem. Sua interdisciplinaridade é umas das características que perdura desde o seu nascimento, reunindo conhecimentos de vários campos do conhecimento tendo em vista de como complexo é lidar com todos os fatores que influenciam no processo de aprendizagem. Em 1898, Claparè e Neville introduziram o conceito, das chamadas "classes especiais", para atender às necessidades educacionais de crianças com retardo mental. Costa (2013)ressalta que esta foi “ a primeira iniciativa registrada de médicos e educadores no campo da reeducação. “(p. 12-13). No final dos anos 40 , com a criação de mais centros psicopedagógicos na França, surge a influência de novas abordagens aos problemas da aprendizagem, com a superação das estigmas estabelecidas pela corrente patológica e a incorporação do pensamento sócio-cultural na análise do “fracasso escolar”.

No Brasil as problemáticas acerca da aprendizagem ainda eram vistas através da lente inatista, com o mantimento da idéia de que tais problemas tinham suas origens a partir de fatores orgânicos, sendo provocados por distúrbios, nos quais em geral a sua causa era atribuída a uma disfunção do sistema nervoso central (Dantas, 2021). Apenas no final dos anos 70 começaram as reflexões sobre aspectos sociodemográficos e culturais, nos quais estariam atrelados às dificuldades de aprendizagem e ao alto índice de fracasso escolar no país.

No Brasil a psicopedagogia nos moldes atuais tem seu início no meio clínico e indo posteriormente para o institucional, tendo como base inspiradora o desenvolvimento do

campo nas terras Argentinas. Em 1986, é realizado o 1º Encontro de Psicopedagogos em São Paulo, além do 1º Seminário de Estudos em Psicopedagogia, em Porto Alegre. Em 12 de Novembro de 1980 se deu a criação ABPp, o órgão que busca reivindicar a mais de 30 anos medidas político-regulamentares da profissão, além instituir os deveres e salientar os direitos dos psicopedagogos brasileiros, a mesma preconiza em seus objetivos principais “Comprometer-se com a melhoria da educação no país, na relação com a formação de novos psicopedagogos, afinada às políticas públicas voltadas à educação, saúde e assistência às crianças, adolescentes e jovens assistidos por esses profissionais.”.

A psicopedagogia emerge na Paraíba pela necessidade de profissionais que lidem com as problemáticas associadas, mas cresce a partir de vários fenômenos, sendo um deles a expansão massiva da educação superior no território brasileiro, principalmente a partir dos anos 90 graças aos aparatos postos em prática a fim de promover tal crescimento.

Em 1988 foi instituída a constituição que incidia sobre praticamente todos os aspectos essenciais para a manutenção do bem populacional brasileiro, com isto a educação não ficaria de fora, e a educação superior recebeu alguns apontamentos que servem como pilares até os dias atuais, foi nessa constituição que foi determinado que as instituições de ensino superior tivessem autonomia didático-científica, administrativa e gestão financeira, além de estabelecer o tripé tão mencionado e indissociável no âmbito acadêmico: ensino, pesquisa e extensão. Mais tarde com a LDB/1996 foi feita a diferenciação das instituições de ensino superior públicas e privadas, adicionando a possibilidade de que as privadas pudessem ser criadas como centros universitários, faculdades integradas e faculdades, institutos ou escolas superiores. Vale lembrar que o dever de manter a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão ficou apenas para as universidades públicas, possibilitando para os novos formatos de instituições particulares a oportunidade de crescer focando somente no ensino com custos reduzidos, negligenciando a extensão e pesquisa.

O acesso aos cursos foram facilitados graças à mudanças na estrutura dos vestibulares e a criação de novos cursos superiores. Tais políticas foram estabelecidas com o intuito de fornecer o crescimento da educação superior no país durante a vigência do presidente Fernando Henrique Cardoso (FHC), governo que visava a privatização fundamentada pelos ideais neoliberais.

Nos governos seguintes foram desenvolvidas outras políticas para o setor privado como o "Programa Universidade para todos" (ProUni), o qual destina bolsas de ensino parciais ou

integrais para instituições de ensino superior privadas (com ou sem fins lucrativos), assim sendo isentas de alguns tributos como o Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ), a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), a Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e a Contribuição para o Programa de Integração Social (PIS), contanto que ofereçam 20% da renda bruta arrecadada em bolsas de estudo. Na teoria todos ganham, mas quem ganha mais? Com tal política estabelecida no início do primeiro mandato de Luiz Inácio Lula da Silva, houve um crescimento exponencial de instituições aderentes ao ProUni, segundo dados fornecidos pelo MEC no ano seguinte o número de bolsas atingiu mais que o dobro com relação à 2004. Isso somado a outras políticas que beneficiaram as instituições de ensino privadas propiciou um crescimento exponencial de matrículas que já havia crescendo desde o final dos anos 90. Enquanto o setor público só seria favorecido ao com programas de ampliação e remontagem em 2007.

Ao analisar dados relacionados à matrícula em instituições de ensino superior disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais "Anísio Teixeira" (INEP), percebe-se que até 2010 houve um aumento significativo no crescimento das instituições de ensino superior, especialmente se tratando das atuantes no setor privado, o que ocasionou na criação e expansão de vários cursos de especialização em psicopedagogia no estado da Paraíba.

Se tratando da história da Psicopedagogia na Paraíba, se considera um desafio reunir informações tanto sobre sua chegada quanto sobre sua expansão no estado, visto que sua admissão literal é relativamente recente se comparada com a sua chegada no Brasil.

Metodologia

A pesquisa de cunho histórico procurou produzir um registro do passado, com o foco na descrição de um acontecimento histórico no decorrer do tempo. Como recorte da área de pesquisa, situa-se no campo da história da educação do tempo presente.

A investigação focou em identificar em um primeiro momento os primeiros cursos de psicopedagogia criados na Paraíba e a evolução da rede de formação em Psicopedagogia no estado, caracterizando o perfil curricular predominante nos cursos ao longo do tempo, sua contribuição para a sociedade paraibana e seus limites, bem como resgatar as principais lutas em torno do fortalecimento do mercado de trabalho e da formação profissional na área em termos locais. Uma pesquisa bibliográfica inicial forneceu o mapeamento de quais fontes seriam coletados os dados.

Como fontes de dados, trabalhou-se com fontes primárias e secundárias. As fontes primárias correspondem principalmente a documentos oficiais das instituições investigadas, como também o material produzido por alunos dos cursos (trabalhos de conclusão de curso, artigos etc). As fontes secundárias correspondem a depoimentos de personagens envolvidos na chegada da psicopedagogia ou que puderam ver de perto o processo de criação e desenvolvimento dos cursos na Paraíba.

A amostra relativa aos participantes entrevistados foi delimitada a partir da escolha direcionada (assim como as instituições visitadas), essa escolha teve embasamento em pesquisa bibliográfica prévia (antes da coleta de dados), a qual teve como objetivo mapear pessoas para uma entrevista semiestruturada (com um formato de diálogo descontraído), foram selecionadas principalmente: pessoas envolvidas no processo de ascensão do curso superior de Psicopedagogia no estado da Paraíba, que tivessem informações sobre circunstâncias processuais acerca da criação dos cursos ou que pudessem fornecer informações que levassem à outras pessoas com informações relevantes sobre o fenômeno de interesse.

O principal instrumento utilizado na coleta de dados foi o *Roteiro de Entrevista Semiestruturada*, cujo objetivo é conter alguns pontos norteadores em formato de assunto ou de pergunta, sem se ater à rigidez de um roteiro concreto (fornecendo a leveza e a fluidez de uma bate-papo) mas também não deixando o diálogo raso (focando nas questões mais relevantes de serem extraídos). Cada roteiro foi construído especialmente para cada um dos

entrevistados, visando as possibilidades de extração de informações que o passado (e principalmente a vivência emocional) de cada um dos participantes poderia proporcionar.

Após a coleta dos dados a partir da entrevista semiestruturada, todos os detalhes das entrevistas foram transcritos e analisados em conjunto com os textos elaborados a partir das pesquisas bibliográficas, para a construção da síntese com os principais achados históricos.

Resultados e discussão

A presente pesquisa buscou analisar como a psicopedagogia chegou à Paraíba, em que circunstâncias esse processo se deu, quais os agentes responsáveis por sua introdução no ensino superior em nosso estado e em que instituições foram instalados os primeiros cursos e formados os primeiros profissionais. Após a análise dos relatos coletados juntamente com a comparação e o direcionamento das fontes bibliográficas em questão foi possível construir uma linha do tempo sobre os principais fatos históricos associados à chegada da psicopedagogia no estado da Paraíba.

A psicopedagogia emerge na Paraíba por necessidade de profissionais que lidem com as problemáticas associadas às dificuldades de aprendizagem, mas cresce a partir de vários fenômenos, sendo um deles a expansão massiva da educação superior no território brasileiro, principalmente a partir da década de 1990, graças aos aparatos postos em prática a fim de promover tal crescimento. Mas antes de tratar de tais aparatos ou da criação dos cursos de pós-graduação em psicopedagogia, cabe avaliar a presença da atuação psicopedagógica muito antes. No ano de 1962, Paulo Freire marcou presença na Paraíba ao participar dos esforços associados à consolidação da Campanha de Educação Popular da Paraíba (CEPLAR), onde foram desempenhadas ações voltadas para educação inclusiva e de interesse coletivo (Porto & Lage, 1995).

Apesar da atuação psicopedagógica já estar presente no território paraibano, por meio da atuação de instituições como a Fundação Centro Integrado de Apoio à Pessoa com Deficiência (FUNAD) e o Instituto dos Cegos da Paraíba Adalgisa Cunha (ICPAC), a oferta de cursos de pós-graduação ainda estava muito distante. Logo, a alternativa buscada pelos profissionais que tinham interesse em atuar como psicopedagogos eram obrigados a ir para outros estados em busca dessa qualificação, a exemplo de Pernambuco (estado vizinho que possuía alguns cursos de especialização na área). Eliane Dutra, no entanto, foi uma das que optou por estudar em São Paulo. Ao trabalhar na educação supletiva (hoje “Educação de Jovens e Adultos” - EJA), optou por psicopedagogia pois ao seu ver seria uma boa especialização para ajudá-la a lidar com os alunos retidos e com dificuldades.

Eliane realizou o curso de pós-graduação Lato Sensu em Psicopedagogia, pela Universidade São Judas Tadeu-SP no período de 1986 à 1987. O currículo era composto por disciplinas como: estrutura e Funcionamento do Ensino Brasileiro, Didática do Ensino

Superior, Prática do Magistério I, Diagnóstico Psicopedagógico, Métodos e Técnicas de Pesquisa, Psicopedagogia e Relações Humanas, Laboratório de Sensibilidade, Filosofia da Educação, Psicologia Educacional, Currículos e Programas, Psicologia de Excepcionais e Psicopatologia, como opcionais. Cada disciplina exigia a apresentação de trabalhos no final. Era exigência também a realização da prática de um caso, com as características de dificuldades de aprendizagem.

Segundo informações extraídas do relato de Vera Lúcia Brito, no ano de 2000 houve a tentativa de criação do curso de psicopedagogia em Patos - PB com o pré-projeto concluído, mas rejeitado pelas instituições. Apenas no ano de 2002 pela empresa Mendonça Consultoria que no ano seguinte mudaria seu nome para Centro Integrado de Tecnologia e Pesquisa (CINTEP) passou a ofertar o primeiro curso de pós-graduação em psicopedagogia no âmbito institucional na capital João Pessoa. A grade de componentes curriculares que o curso oferecia era composta por Psicopedagogia I e II, Tópicos Especiais em Psicopedagogia, Metodologia da Pesquisa, Desenvolvimento Cognitivo e Linguagem, Avaliação e Intervenção Psicopedagógica, Psicopedagogia e Relações Interpessoais e Ética na Psicopedagogia. Foi descoberto também que três anos depois, no ano de 2005, a Faculdade Integrada de Patos (FIP) abriu um curso de pós-graduação em Psicopedagogia Institucional e Clínica, direcionado principalmente aos graduados na área da educação. O curso conta com 620 horas/aula, com o objetivo de promover o conhecimento teórico e prático em Psicopedagogia, visando capacitar profissionais na área da Psicopedagogia Institucional e Clínica para atuar numa abordagem inter e multidisciplinar, promovendo uma postura ético-crítico-reflexiva, a fim de possibilitar a análise, diagnóstico, intervenção, orientação e avaliação do processo das dificuldades de aprendizagem formal e informal nos diversos contextos sociais.

No ano de 2007 o Centro Universitário de João Pessoa ofertou a sua primeira turma de Psicopedagogia, o curso contava com ênfase clínica e institucional e enquadrava-se nas exigências da resolução CES/CNE nº 1, de 3 de abril de 2001, Parecer CES/CNE nº 908/98 e Parecer CNE/CES nº 617/99. Com relação a carga horária, eram destinadas 420 horas para as atividades gerais do curso, 30 horas para monografia e 60 horas para o estágio supervisionado. Como dito anteriormente o curso teve seu início em 2007, por volta do mês de abril, e sua coordenadora na época era a professora Aparecida de Cássia Mendes Freitas. Atualmente (2023) a instituição não oferta mais o curso de pós-graduação em psicopedagogia em qualquer modalidade/área.

Em 2008 o CINTEP passa a oferecer também o curso de Psicopedagogia clínica e abre uma clínica escola. No mesmo ano, com o Surgimento do REUNI (Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais) houve a criação do projeto do curso de graduação em psicopedagogia na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), estando a frente Professor Otávio, porém as Professoras Janine Coelho, Carmem Deusa, Nadia Bossa e Quézia Bombonato também participaram da criação do PPC.

No ano seguinte o projeto foi posto em prática, e a criação do curso de Psicopedagogia foi um sucesso, dois anos depois houve a criação da clínica escola, antes situada no centro de João Pessoa e agora na própria UFPB o que pôde fornecer aos estudantes do curso a oportunidade de aprimorar a sua atuação de maneira prática ao mesmo tempo que dá a comunidade a possibilidade de atendimento psicopedagógico de maneira gratuita.

O curso está regulamentado através da resolução do CONSELHO SUPERIOR DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, da Universidade Federal da Paraíba, após deliberação em reunião realizada em 30 de junho de 2010, (Processo nº. 23074.012960/10-45), a resolução também estipula a carga horária do curso dividida da seguinte forma: duração mínima de 07 (sete) e máxima de 11 (onze) períodos letivos, será integralizado com 2.835 (duas mil e oitocentas e trinta e cinco) horas, equivalentes a 189 (cento e oitenta e nove) créditos. Desde sua criação, o curso já passou por três atualizações do PCC, e caminha para uma nova reformulação,

Ao final do ano de 2023 o curso completou seus 24 anos e segue como base forte para a psicopedagogia nacional. A UFPB continua sendo a única universidade pública a ofertar o curso no modelo de bacharelado, na qual são desempenhadas tanto ações relacionadas à ensino quanto destinadas à extensão e pesquisa voltadas para inúmeras questões que estão relacionadas à aprendizagem e competem à psicopedagogia. Atualmente o curso conta com uma avaliação 4 pelo Ministério da Educação (MEC).

A partir da entrevista com Suely Fermon foi possível coletar diversas informações sobre a chegada da ABPp na Paraíba. Inicialmente houve a criação de um grupo de estudos que deu origem à ABPp-PB. O grupo só foi oficializado em 2015, um ano depois houve a deliberação de abertura do Núcleo da ABPp Paraíba em João Pessoa que ocorreu em 1º de junho de 2016. Através da nomeação pelo Conselho Nacional da ABPp, a gestão do primeiro triênio 2016-2019 teve Suely Fermon de Moraes Oliveira como presidente, pelo fato de já ser membro da ABPp Nacional. A diretoria foi formada pela: Vice-presidente Suenia Lopes Cruz de Farias, secretária Juliana Fernanda Cardoso de Oliveira e tesoureira Angecilene Genésio

Ferreira Ribeiro. Em 2016 em parceria do Grupo de Estudos da ABPp PB e da Coordenação do Curso de Graduação em Psicopedagogia da UFPB, aconteceu o I encontro de Psicopedagogia da Paraíba, com o tema central "Diálogos em psicopedagogia: sobre a aprendizagem no século XXI" na UFPB. A abertura do evento aconteceu com a conferência "O exercício da psicopedagogia no século XXI: Atuação e Profissionalização", proferida pela psicopedagoga Luciana Barros de Almeida, presidente nacional da ABPP na época. Além disso, outras atividades aconteceram como palestras, apresentação de trabalhos e oficinas psicopedagógicas.

Desde a realização deste primeiro evento, os encontros de psicopedagogia da Paraíba tem se constituído em um espaço de discussão, reflexão e trocas de experiências entre os profissionais da área e estudantes em torno das questões relacionadas à aprendizagem e ao fazer psicopedagógico. No ano de 2023 aconteceu o evento online em comemoração aos 10 anos da ABPP na Paraíba, com o tema "10 anos da ABPp na Paraíba: contextos, avanços e novas perspectivas psicopedagógicas". A atividade contou com a participação da presidente da ABPp Nacional e do Conselho Nacional Maria Irene Siqueira Castanho, além de outros quadros importantes da psicopedagogia em níveis nacional e local. Um tema recorrente nestes encontros é o debate em torno da regulamentação da psicopedagogia, em nível nacional. A ABPP tem defendido, nestes fóruns, a luta pelo desarquivamento do Projeto de Lei número 31/2010, no Senado Federal, que dispunha sobre a regulamentação do exercício das atividades em psicopedagogia, com uma carga horária de, no mínimo, 600 horas, em nível de especialização ou graduação. A ABPP tem defendido que a regulamentação é uma necessidade, visto que tem ocorrido uma expansão da formação e da área de atuação e, com isso, estão em funcionamento cursos de graduação e de pós-graduação em Psicopedagogia, em todo o país. Nem sempre, todavia, estes cursos possuem uma qualidade mínima, no sentido de cumprirem com seu papel social e permitirem uma formação adequada.

Conclusões

Observa-se a partir das buscas bibliográficas que a atuação e a linha de pensamento psicopedagógica (mesmo que não nos moldes atuais) estava viva na Paraíba desde antes mesmo da procura dos profissionais paraibanos pelo curso em outros estados, ou da criação do primeiro curso de especialização em psicopedagogia, indicando que a mesma não representa necessariamente o ponto zero na história da psicopedagogia no estado, visto que ações como a do seminário Ceplar em 1962 (com a participação Paulo Freire) tratam da inclusão com um viés semelhante do que é preconizado pela atuação psicopedagógica nos dias atuais.

A partir dos relatos orais coletados é possível ver que o crescimento da Psicopedagogia está associada a uma série de fatores, o interesse por métodos interventivos nas dificuldades de aprendizagem, a expansão do acesso ao ensino superior dentre muitos outros. Uma das maiores limitações do estudo foi a resistência no cedimento de informações por parte de algumas instituições privadas elencadas como pioneiras na oferta dos cursos de pós-graduação em psicopedagogia.

O recente processo de reformulação do Projeto pedagógico do curso de psicopedagogia da Universidade da Paraíba evidencia a partir de disciplinas incluídas, a proporção que a atuação do psicopedagogo tem tomado nas últimas décadas. A psicopedagogia no âmbito organizacional, hospitalar e empresarial são só alguns dos inúmeros terrenos que a psicopedagogia alcançou através de ações de extensão e pesquisa. O fato é que a aprendizagem é um construto multidimensional, impactada por diversos fatores complexos, e que está presente em inúmeras situações e ambientes. Logo, a psicopedagogia se mostra necessária para intervir e prevenir sobre intercorrências acerca da aprendizagem, garantindo um ambiente livre de quaisquer problemática associada.

Além do fato da presente pesquisa ser pioneira ela também se inclui-se no campo de estudos da história de tempo presente, pois mesmo nos permitindo observar recentes efeitos dos acontecimentos estudados, é caracterizada por uma defasagem no que diz respeito à produções científicas acerca do assunto pesquisado. Pelo fato da presente pesquisa ter como foco a construção histórica geral da psicopedagogia na Paraíba, fatos específicos sobre o crescimento da psicopedagogia clínica e institucional ficaram de fora. Logo, faz-se necessário novos estudos com ênfase em cada uma de maneira isolada, para que assim seja possível

esmiuçar tais acontecimentos. O presente trabalho irá colaborar com um norte para futuras pesquisas que busquem entender a trajetória da psicopedagogia no estado da Paraíba.

Referências bibliográficas

BARREYRO, Gladys Beatriz; COSTA, Fábio Luciano Oliveira. Expansão da educação superior brasileira (1999-2010): políticas, instituições e matrículas. In: IV CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE POLÍTICA E ADMINISTRAÇÃO DA EDUCAÇÃO; VIII CONGRESSO LUSO BRASILEIRO DE POLÍTICA E ADMINISTRAÇÃO DA EDUCAÇÃO. 2014.

BEAUCLAIR, J. Para entender psicopedagogia: perspectivas atuais, desafios futuros. Rio de Janeiro: Wak Ed., 2006.

BLASZKO, Caroline Elizabel; PORTILHO, Evelise Maria Labatut. Retrospectiva histórica da psicopedagogia no contexto brasileiro: gênese, documentação e legalização. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, p. 2117-2132, 2021.

BOSSA, Nadia. A psicopedagogia no Brasil: contribuições a partir da prática. 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2007.

COSTA, Célio Juvenal; MELO, Joaquim José Pereira; FABIANO, Luiz Hermenegildo. Fontes e Métodos em História da Educação. Dourados, MS : Ed.UFGD, 2010.

COSTA, Ana Araújo; PINTO, Telma Maranhão Gomes; DE ANDRADE, Márcia Siqueira. Análise Histórica do surgimento da Psicopedagogia no Brasil. ID on line. Revista de psicologia, v. 7, n. 20, p. 10-21, 2013.

DANTAS, Eder da Silva; ASSIS, Geovani Soares de; SOUZA, Sandra Cristina Moraes de. Psicopedagogia: memória de sua formação da UFPB. João Pessoa: Editora do CCTA, 2021.

DECLARAÇÃO DE SALAMANCA: Sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais, 1994, Salamanca-Espanha.

ENGELS, Friedrich. A origem da família, do Estado e da propriedade privada. Boitempo Editorial, 2019, p.214.

FAGALI, Eloísa Q. Os sentidos da história e a “busca das raízes” no processo de aprender – formação psicopedagógica no “Sedes Sapientiae” .In: MALUF, Maria I. & BOMBONATO, Quesia (org). História da psicopedagogia e da ABPp no Brasil – fatos, protagonistas e conquistas. Rio de Janeiro: Wac, 2007.

GIL, Antonio Carlos et al. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.

HILSDORF, Maria Lúcia Spedo, “Construindo a escolarização em São Paulo (1820- 1840)”. In: PRADO, Maria Ligia Coelho e VIDAL, Diana Gonçalves (Orgs.), (2002), À margem dos 500 anos: reflexões irreverentes, p.185-202. apud SAVIANI, Dermeval. Breves considerações sobre fontes para a História de Educação. Revista HISTEDBR On-line, Campinas, n. especial, p. 28-35, ago. 2006 - ISSN: 1676-2584. Disponível em <https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/4913/art5_22e.pdf>. Acesso em 29/04/24 às 19:31 hs.

Jomtien, Tailândia: UNESCO, 1990. UNESCO. Educação para todos: o compromisso de Dakar. Dakar, Senegal: UNESCO, 2000.

MATOS, Júlia. Os ideais de subjetividade e objetividade na história: o paradigma da verdade. Extraído de www.sabercom.furg.br em 11/05/2022 às 18h32.

Noffs NA. A formação e regulamentação das atividades em Psicopedagogia. Rev. Psicopedagogia 2016;33(100):110-120

PORTO, Maria das Dores Paiva de Oliveira; LAGE, Iveline Lucena da Costa. CEPLAR, História de um Sonho Coletivo. Conselho Estadual de Educação, Secretaria da Educação e Cultura, 1995.

RICHARDSON, Roberto Jarry, Pesquisa social; métodos e técnicas. 3. ed. 14. reimpr. São Paulo : Atlas, 2012.

RUSSO, maria josé de oliveira. a complementaridade das políticas públicas para a inclusão socioeducacional. 2018.

SPOSATI, Aldaiza. Exclusão social abaixo da linha do Equador. Por uma sociologia da exclusão social: o debate com Serge Paugam. São Paulo: Educ, p. 128-133, 1999.

STAINBACK, Susan Bray Ed; STAINBACK, William C. Inclusão: Um guia para educadores. Paul H Brookes Publishing, 1996.

COLETIVOS DE TRABALHO COMO FORMA DE ENFRENTAMENTO E PREVENÇÃO EM SAÚDE MENTAL

Maria Gabriela Conceição de Andrade¹

Thaís Augusta Cunha de Oliveira Máximo²

RESUMO

Os coletivos de trabalho são fundamentais para a realização do trabalho e para o desenvolvimento da confiança no saber-fazer, segundo Dejours. Este estudo analisou a atuação dos profissionais da saúde na linha de frente da COVID-19, focando no enfrentamento e na manutenção da saúde mental, utilizando a Psicodinâmica do Trabalho como referencial. Foram realizadas duas pesquisas: uma qualitativa, com 51 profissionais do Nordeste, e uma quantitativa, envolvendo 1003 profissionais de todo o Brasil. A análise, que combinou o software Iramuteq e um levantamento descritivo empírico do tipo levantamento de dados, indicou o coletivo enquanto recurso para a ação, bem como a participação nele associado à redução do senso de isolamento e aumento do bem-estar e da confiança nas atividades. Os coletivos se mostraram promotores de prazer e disseminadores de conhecimentos formais e informais, fortalecendo vínculos e possibilitando ações que atenuam escassez e adversidades físicas, psíquicas e sociais.

Palavras-Chave: Coletivos de trabalho. Cooperação. Psicodinâmica do Trabalho. Saúde. COVID-19.

¹ E-mail: gabrielacnds@gmail.com

² E-mail: thaisaugusta@gmail.com. Título do plano associado: “A saúde dos trabalhadores da saúde no enfrentamento à COVID-19: prevenção e cuidado”. Telefone: 8399122-1006

Introdução

Para Dejours (2012), o trabalho é central na vida do indivíduo, o que o leva não apenas a tê-lo como meio de subsistência mas também como possibilidade de mobilização, agindo para criar novos caminhos, propor mudanças e assim gerar novas formas de conduzir o trabalho e estratégias para a ação. Dessa maneira, diante dos mais diversos desafios e problemáticas que podem vir a estar presentes no trabalho real e que foge do trabalho prescrito, tem-se a adaptação dessas prescrições de maneira que haja a efetivação dessa tarefa diante de tal realidade. O trabalhador, portanto, é sujeito ativo nesse processo e é levado a se mobilizar a partir de sua criatividade, conhecimentos prévios, experiências práticas e pela mobilização do outro a partir do coletivo de trabalho pelo qual se insere.

O coletivo de trabalho, então, transmite seus valores e saberes, renovam suas práticas e se mantém em constante movimento e evolução (Périlleux, 2008), o que auxilia no desenvolvimento de novas ferramentas voltadas para as necessidades existentes naquele contexto de trabalho. Nota-se, então, a importância do coletivo em cenários mais hostis e onde o trabalho prescrito foi aquém das reais necessidades laborais, como no caso dos profissionais que atuaram na pandemia por Coronavírus, declarada emergência em saúde pública de interesse nacional em janeiro de 2020 pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2020).

Assim, observando-se os estudos dos achados das pesquisas anteriores a estas, (Máximo *et al.*, 2022) foi perceptível a importância da transmissão de saberes formais entre o coletivo, sendo uma ferramenta importantíssima para o desenvolvimento do trabalho na realidade da Pandemia do COVID-19. Isso se deu tendo em vista que nem todos os profissionais haviam treinamento formal e uma carga extensa de experiência, sendo necessário buscar o conhecimento por outras vias, o que demonstrou o senso de coletividade que faz parte do dia a dia desses profissionais.

Considerando, então, a necessidade de aprofundamento nos estudos em relação aos coletivos de trabalho como forma de enfrentamento e prevenção em saúde mental, este trabalho justifica-se pela necessidade de compreender as nuances e formas de coletivos e estratégias presentes na categoria profissional em questão. O objetivo será identificar as estratégias de defesa individuais e coletivas utilizadas no enfrentamento à COVID-19, bem como compreender os processos de cooperação e transmissão de saberes formais e tácitos entre os profissionais de saúde no ambiente de trabalho, identificando, a partir dos coletivos de trabalho, os sentidos atribuídos a eles pelos profissionais de saúde.

Inicialmente, será feita uma contextualização dos trabalhadores de saúde e saúde mental a partir de uma pesquisa bibliográfica; em sequência, será discorrido acerca da referência teórica pela qual o trabalho foi guiado nas discussões à luz da Psicodinâmica do trabalho para compreender os coletivos e cooperação no campo da saúde, seguindo-se posteriormente para o método do estudo, resultados encontrados na pesquisa quantitativa e qualitativa, discussão e considerações finais.

Fundamentação teórica

Trabalhadores da saúde e saúde mental

Silva e Bendassolli (2019) mostrarão que os coletivos são geradores de saúde e de sentidos no trabalho, à medida que são recursos para a ação. No seu trabalho, foi discutido acerca da importância e necessidade de os trabalhadores serem organizadores do próprio trabalho, onde o coletivo se encontra como elemento potencializador de desenvolvimento e saúde dentro das instituições laborais. O coletivo, segundo os autores, serve como garantidor da atividade individual, e através dele, o trabalhador pode formular uma visão sobre a qualidade do trabalho, que envolve um projeto coletivo sobre como fazer aquela atividade, que por sua vez ocorre no seio do coletivo. Ele, portanto, baliza as ações e auxilia na qualidade do trabalho e do sentido do mesmo, este último sendo primordial para a resiliência e permanência dos trabalhadores, mesmo em situações adversas. Assim, tal compreensão sobre coletivos demonstra sua relevância em um cenário onde pouco se compreendia da doença, onde os treinamentos e formações eram insuficientes, desatualizados e até inexistentes, e onde se via a morte diariamente.

Em uma revisão integrativa acerca dos trabalhadores da saúde e a COVID-19, Vedovato et. al (2020) discorreram acerca das condições de trabalho com base em reportagens publicadas na internet, e tiveram como resultados a explanação de várias condições inadequadas de trabalho, o que deixou evidente a discussão sobre trabalho na área de saúde e a saúde em si. Isso se dá haja vista que esse trabalho é “um processo de registro no corpo, na pessoa, as marcas do trabalho, das condições de vida, do sofrimento, de tudo de que é feita uma história individual em sua singularidade, mas também coletiva pela influência de múltiplas lógicas entre as quais ela se insere” (Thébaud-Mony, 2009). Percebe-se, portanto, que o trabalho na área da saúde traz em si demandas que vão além do que se é possível de obter individualmente, e tal problemática foi escancarada durante o período pandêmico. Além da incerteza, insegurança, medo de contaminação e o cenário de muitas mortes que por si só são mobilizadores do

trabalhador e do sujeito, O autor mostrou que ainda haviam problemáticas externas, como a escassez de EPI, falta de ambiente adequado para o atendimento, ausência de lugar para descanso, o que causava muito sofrimento, angústia e cansaço. Tal estudo também mostrou que o abandono no trabalho se tornou comum à medida que havia uma demanda muito grande de cuidado e o dia a dia gerador de muito sofrimento ao lidar com morte de colegas e o próprio adoecimento. Apesar disso, o estudo mostrou que tal contexto propiciou solidariedade entre os profissionais mediante reconhecimento enquanto um coletivo, compartilhando experiências, emoções e limites no exercício profissional, o que auxiliou no enfrentamento diário.

A vivência de medo e solidão foram evidenciadas no trabalho de Souza e Athayde (2021) acerca dos profissionais atuantes na linha de frente da COVID-19, bem como a “rotinização” do novo normal, uma tentativa de normalização da situação e dos protocolos necessários para o trabalho. Para os autores, essa reação seria uma manifestação do medo, ansiedade e angústia em um contexto de ausência de reconhecimento dos esforços e de sua contribuição, deixando o colaborador à deriva à medida que não sabia se a atuação estava, de fato, sendo efetiva e suficiente naquele momento. A partir de rodas de conversa sobre vivências no trabalho, foi possível observar questões latentes durante toda a pandemia, como o sofrimento psíquico, desgaste físico e emocional, desamparo e solidão, com o aumento do adoecimento mental, que, inserido nas relações humanas laborais, exige a necessidade de ações e práticas voltadas para a promoção integral de saúde dos trabalhadores, ainda que tal questão não tenha sido efetivada. Por fim, o coletivo de trabalho é enfatizado, pois este deve ser incorporado à análise tendo em vista a força mobilizadora que este causa aos trabalhadores, em uma tentativa de ressignificação do trabalho e possibilidade de reconhecimento a partir dos seus pares.

A psicodinâmica do trabalho e os coletivos de trabalho

Saúde, segundo Dejours (1986) no artigo intitulado “por um novo conceito de saúde”, vai além do que as organizações internacionais definem, pois não se trata apenas de um estado completo de bem estar físico, mental e social: ao tentar definir e aprofundar o que seria bem estar, tal tarefa se torna impossível, bem como compreende-se que tal estado completo de bem-estar não existe, já que tal noção é vaga, se tratando da saúde enquanto um estado não permanente e estável de se manter. Na realidade, este deve ser entendido como um objetivo, sendo a saúde definida como “ter meios de traçar um caminho pessoal e original, em direção ao bem estar físico, psíquico e social. Saúde, portanto, é possuir esses meios”(Dejours, 1986).

Assim, é através da análise das vivências do trabalhador, por meio de um olhar da psicodinâmica delas, que se estabelece a compreensão do processo de saúde e doença no trabalho articulando-se com a organização, coletivos e contextos de trabalho.

De acordo com Dejours (2012a), trabalhar é preencher a lacuna entre o prescrito e o real. Entretanto, apesar da mobilização do trabalhador, essas lacunas nunca serão totalmente preenchidas, o que faz com que haja uma resistência do real do trabalho para atingir os objetivos que são dados ao trabalhador. Dessa forma, trabalhar vai significar buscar soluções para os imprevistos que aparecem na realidade, sendo necessário para isso as mobilizações das inteligências, que permite a inventividade. Tal inteligência inventiva é mobilizada e parte do trabalho ordinário a ser feito, relacionando-se com o trabalho coletivo tendo em vista que este implica a mobilização das inteligências individuais e inventivas já citadas. Assim, Dejours (2012b) nos dirá que “um trabalho coletivo só é possível se obtiver a reunião das inteligências singulares para inscrevê-las em uma dinâmica coletiva comum”.

Considerando, assim, que o trabalho é sempre para o outro, em uma relação social, (Dejours, 2012b) a cooperação entra como um dos fatores para a realização deste trabalho, pois vai relacionar-se com as atividades singulares de cada sujeito bem como dos sentidos construídos coletivamente, visando atender o real do trabalho. Trabalhar, portanto, “não é, em tempo algum, apenas produzir: é também e sempre viver junto” (p. 36)”, o que supõe mobilização da vontade dos trabalhadores e que vai fazendo com que o trabalho evolua e se adapte em função da composição do coletivo e da transformação do modo de se fazer os processos de trabalho.

O coletivo de trabalho, portanto, permite que as pessoas possam compartilhar experiências e com isso gerar confiança entre aqueles que participam desse coletivo de trabalho, estando abertos para trocas e cooperações (Dejours, 2012b), que também oferecem segurança aos trabalhadores ao realizarem suas tarefas. É dentro dos coletivos que acontecem conflitos, diálogos e direcionamento para a ação, compreendendo aquilo que pode ser benéfico, quais são as limitações e o que se pode fazer com elas. Essa confiança também é requisito crucial para a cooperação, muito relacionado ao entendimento de que o outro é capaz de realizar um bom trabalho, de respeitar valores, o que Dejours (2012b) dirá ser o fenômeno da força pacificadora do trabalho, já que estas demandas fazem com que o trabalhador precise desenvolver relações de cooperação com outros trabalhadores pelos quais não se tem relação de amizade. A confiança, portanto, é em relação ao trabalho do outro e na sua conduta, o está intimamente relacionado a cooperação dentro dos coletivos de trabalho, ou seja, “fundadas na

experiência dividida do real do trabalho”. Tal noção de coletivo de trabalho relaciona-se a uma comunidade, estrutura ou grupo pensado a partir de regras, códigos de conduta e pactos dentro dela, sendo possível trabalhar juntos, trocar experiências práticas e possibilitar a presença de exceções, regras e imprevistos que são enfrentados pela inteligência astuciosa do trabalhador ao se deparar com o trabalho vivo. Assim, o trabalho prescrito é ajustado pelo trabalho realizado, e quando tal interpretação é compartilhada, forma-se uma cooperação (Dejours, 2016).

Outro conceito importante diz respeito ao reconhecimento diante dessas dinâmicas do trabalho, tendo em vista que ela diz respeito ao trabalho e a qualidade do mesmo. De acordo com Dejours (2012b), tal reconhecimento como retribuição simbólica pela contribuição centra o julgamento no fazer, o que faz com que o trabalhador o transforme no sentido da realização de si mesmo. Dessa maneira, o reconhecimento pode transformar o sofrimento em prazer, sendo fonte de mobilização subjetiva, zelo e inteligência do trabalhador ao propiciar o seu trabalho ao seu sentido subjetivo, aquilo que se está buscando. Assim, constrói-se uma solidariedade fundamental entre a “experiência subjetiva que se busca a si mesma e a implicação coletiva na vontade de contribuir com as condições éticas de viver junto” (p.38), contribuindo para o coletivo ao mesmo tempo que se reconhece pertencente daquela atividade. Essa compreensão corrobora com o já falado a partir da Psicodinâmica do Trabalho à medida que compreenderá que uma ação só é racional se considerar o destino da subjetividade no trabalho dessa ação, fazendo com que toda atividade de trabalho proceda da subjetividade.

Por fim, outro conceito importante a ser observado é o da Inteligência astuciosa. Essa, por sua vez, diz respeito a uma forma de enfrentamento que os trabalhadores desenvolvem para lidar com condições e demandas do trabalho real, auxiliando no atendimento aos desafios deste trabalho quando a atividade requer ajustamento das relações entre o prescrito e o que tem-se como obstáculo imposto pela organização do trabalho. Ela, portanto, é uma inteligência que surge a partir da experiência real do trabalhador e concepções individuais sobre a atividade (Dejours, 2005), sendo uma maneira de responder a exigências excessivas, faltas de recurso e pressões, na tentativa de manter o equilíbrio entre a sobrecarga e a preservação da saúde mental. O trabalho coletivo real seria possível, então, graças a condição de cooperação que o torna possível, realizando os ajustamentos que formam regras e acordos entre os membros sobre formas de se trabalhar e realizar o trabalho.

Dessa maneira, considera-se que a busca por prazer no trabalho e a fuga deste desprazer é um desejo permanente em vista as exigências contidas no processo e organizações de trabalho, sendo o coletivo importante para a permanência dos trabalhadores, que por meio da

inteligência astuciosa e das mobilizações subjetivas, desenvolvem forças para permanecer em ambientes laborais, ainda que estes sejam nocivos para a saúde. Assim, torna-se importante estudá-lo a partir de um recorte de trabalhadores de saúde que atuaram no Sistema Único de Saúde durante a pandemia da COVID-19, visando compreender as formas de enfrentamento e prevenção em saúde mental.

Metodologia

Participantes

Participaram do estudo qualitativo trabalhadores da saúde vinculados ao Sistema Único de Saúde (SUS) que estavam, no momento da entrevista, atuando no enfrentamento à COVID-19 no Nordeste. Tal amostra ocorreu por conveniência e não probabilística à medida que foi selecionada de acordo com a disponibilidade dos entrevistados que aceitaram participar voluntariamente da pesquisa, mediante termo de aceite e posterior marcação para entrevista síncrona, ocorrida de maneira remota. O estudo quantitativo, por sua vez, teve a participação de 1003 profissionais de todo o Brasil, que aceitaram voluntariamente contribuir para a pesquisa e que também estavam, no momento da participação, atuando na pandemia da COVID-19.

Instrumentos

Para a entrevista qualitativa, foi utilizando um roteiro semiestruturado que iniciava com um questionário sociodemográfico, como objetivo de coletar as informações pertinentes para a caracterização da amostra como sexo, idade, escolaridade, profissão, tempo e cidade de atuação. Em seguida, seguiu-se para a aplicação das perguntas norteadoras relacionadas a atuação, permitindo explorar as vivências subjetivas do participante diante da elaboração das respostas a partir da fala, bem como discutir essas perguntas desenvolvidas em cinco categorias: impactos da pandemia da covid-19, condições e organização do trabalho; trabalho real e processos de trabalho; prazer e sofrimento; saúde e segurança. Por ser semi estruturado, a entrevista deu margem para a utilização de outras perguntas além do roteiro, visando aprofundar alguns pontos quando percebido a necessidade por parte do entrevistador.

Em relação à pesquisa quantitativa, o roteiro de estudo foi elaborado a partir de estudos anteriores e dos resultados da pesquisa qualitativa. Assim, foi construído e aplicado um questionário objetivando compreender as relações entre saúde e trabalho no enfrentamento à pandemia, contendo questões objetivas relacionadas a dados sociodemográficos, condições de

trabalho (quantidade e os tipos de vínculo empregatício, jornada de trabalho, local de atuação, acesso a treinamentos e Equipamentos de Proteção Individual, existência de políticas institucionais de Saúde e Segurança no Trabalho), às vivências de sofrimento e prazer no trabalho, às dinâmicas de reconhecimento no trabalho e aos acometimentos de saúde durante a atuação no combate à pandemia da COVID-19.

Procedimentos

Esse trabalho fez parte de um projeto multicêntrico que visou compreender a saúde e a segurança no trabalho dos atuantes na Pandemia por COVID-19, tendo sido submetido ao Considerado um projeto multicêntrico, tal trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com o título de “A Saúde dos Trabalhadores da Saúde no Contexto da Pandemia da Covid-19: Prevenção e Cuidado”, avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa (CEP) da UFPB, com o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 38746420.0.0000.5188, aprovado pelo parecer 4.827.082, cumprindo as normas que versam sobre pesquisas envolvendo seres humanos determinados pela resolução Nº 510/2016 e da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. O estudo foi financiado pelo CNPq e Ministério da Saúde

Para a realização da pesquisa qualitativa, o roteiro semiestruturado da entrevista foi aplicado no dia e horário marcado de maneira remota, tendo em vista a pandemia vigente e a necessidade de isolamento, bem como a possibilidade de abranger participantes de todo o Brasil, expandindo o campo de análise dos trabalhadores de saúde.

O estudo qualitativo foi desenvolvido a partir das entrevistas realizadas de maneira online, que posteriormente foram transcritas e analisadas a partir do Software Iramuteq. O estudo quantitativo, por sua vez, foi realizado por meio de uma análise exploratória, onde foi possível analisar resultados estatisticamente significativos, bem como realizar cruzamentos para compreender questões pontuais mediante os dados encontrados nas entrevistas.

Em relação a pesquisa quantitativa, o questionário foi aplicado online e presencialmente, este último possibilitado pelo abrandamento da pandemia e da autorização prévia dos locais de trabalho. A aplicação online foi oportunizada pela divulgação pelas redes sociais do projeto e pelo contato com os trabalhadores e pesquisadores dos outros estados do nordeste. A amostra de trabalhadores por estado considerou a proporção da população de acordo com dados oficiais do DataSUS e o erro amostral de cerca de 3%. A aplicação do questionário durou 8 meses, realizado entre os meses de agosto de 2021 e abril de 2022.

Procedimentos de análise de dados

Para a análise dos dados qualitativos, foi utilizado o software IRAMUTEQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires), gratuito, com forte rigor estatístico e de código aberto utilizado para análise textual por meio de dados qualitativos (Camargo & Justo, 2013). Por meio dele, foi possível a realização da análise do conteúdo produzido a partir da transcrição das entrevistas realizadas anteriormente, proporcionando a possibilidade de quantificação de variáveis essencialmente qualitativas, descrevendo assim o material produzido a partir de cálculos estatísticos e análise qualitativa.

Para tal, foi utilizado o método de análise de Classificação Hierárquica Descendente (CHD), conhecida também por método de Reinart, que consiste em um tipo de análise de conglomerado de texto que vai caracterizar as palavras ativas em classes lexicais, utilizando para isso a frequência e posição das palavras no texto. Assim, inicialmente assume-se que todas as palavras pertencem a uma mesma classe, para posteriormente dividir sequencialmente aquelas de maior diferença entre as palavras e as de menor diferença, elaborando os dendrogramas que ilustram a divisão destas classes. Dessa maneira, foi possível realizar um recorte dos dados encontrados nas entrevistas, enfatizando as questões relacionadas aos coletivos de trabalho e saúde dos trabalhadores na pandemia da COVID-19.

Para a pesquisa quantitativa, foi utilizado o cruzamento dos dados obtidos do quantitativo. Para tal, utilizou-se o programa SPSS v.24 para realizar o teste qui-quadrado (χ^2) de independência ou exato de Fischer para verificar as hipóteses de associação e encontrar o valor de dispersão para duas variáveis categóricas nominais. Tal teste foi realizado tendo em vista a necessidade de analisar a associação existente entre variáveis qualitativas de maneira proporcional. Nele, quando a frequência observada é muito próxima do esperado, o valor do χ^2 é pequeno, enquanto quando a divergência é grande, torna-se maior. Assim, foram utilizados os dados de correlação estatisticamente significativos referentes a cooperação e coletivos de trabalho, que estavam relacionadas ao trabalho real, prazer e sofrimento, satisfação, reconhecimento e a importância do coletivo para as atividades laborais no âmbito da saúde pública durante a pandemia da COVID-19.

Resultados e discussão

Caracterização da amostra

O estudo qualitativo contou com a participação de 51 profissionais distribuídos entre as seguintes profissões: 9 enfermeiros(as); 8 psicólogos(as); 8 técnicos(as) de enfermagem; 5 agentes comunitários(as) de saúde; 3 nutricionistas; 3 médicos(as); 3 assistentes social; 3 fisioterapeutas; 2 agentes de endemias; 2 farmacêuticos(as); 1 recepcionista; 1 auxiliar de dentista; 1 técnico(a) de radiologia; 1 terapeuta ocupacional e 1 biomédico(a).

Destes, 13 participantes eram da Paraíba; 9 participantes de Pernambuco; 8 do Rio Grande do Norte; 7 do Ceará; 4 do Maranhão; 4 do Piauí; 2 da Bahia; 2 de Alagoas; 1 de Sergipe; e um profissional que atuou simultaneamente nos estados do Ceará e do Piauí. No estudo, 76,5% da amostra eram do sexo feminino e 23,5% do sexo masculino. Para a caracterização das falas e preservação do sigilo dos participantes, será utilizado o número da entrevista seguido da letra P para os resultados da pesquisa qualitativa.

Em relação a pesquisa quantitativa, realizada no Nordeste brasileiro, houve a participação e contribuição voluntária de 1003 profissionais. Os estados participantes foram Alagoas (4,8% da amostra), Bahia (27,8%), Ceará (17%), Maranhão (12,2%), Paraíba (7,2%), Pernambuco (7,2%), Pernambuco (10%), Piauí (5,3%), Rio Grande do Norte (10,3%) e Sergipe (4,5%).

O perfil do estudo quantitativo foi predominantemente disposto por mulheres pardas: 79,8% dos participantes eram do sexo feminino e 51,8% se consideravam pardos. Além disso, a amostra foi significativamente disposta por profissionais da enfermagem: 25,3% (254 participantes) eram enfermeiros e 15,2% (152 participantes) eram técnicos/auxiliares de enfermagem, com pós-graduação completa por 52,3% da amostra total.

Em relação aos vínculos, 58,2% só possuía um local de trabalho, enquanto 33,2% alegou possuir dois vínculos, e 2,2% da amostra mais de três vínculos. Quase a metade dos participantes totais (47,9%) trabalhavam entre 20h e 40h semanais, considerando todos os vínculos, e 40% da amostra atuava há mais de dez anos, embora tenha sido observado que 33,2% da amostra atuava há até 3 anos. Quase 42% possuía a renda líquida disposta entre 2 e 5 salários mínimos, considerando todos os vínculos. Por fim, os participantes em sua maioria atuavam no nível da atenção de alta complexidade (58,5%) em hospitais públicos (48,7%) como servidores públicos (54,1%), apesar de haver um quantitativo significativo de profissionais contratados por tempo determinado (quase 21% da amostra). Nota-se, portanto, a predominância de mulheres na enfermagem que se consideram pardas, atuantes do Sistema

Único de Saúde na alta complexidade como servidora pública, sendo este o perfil principal da amostra coletada.

Caracterização das classes

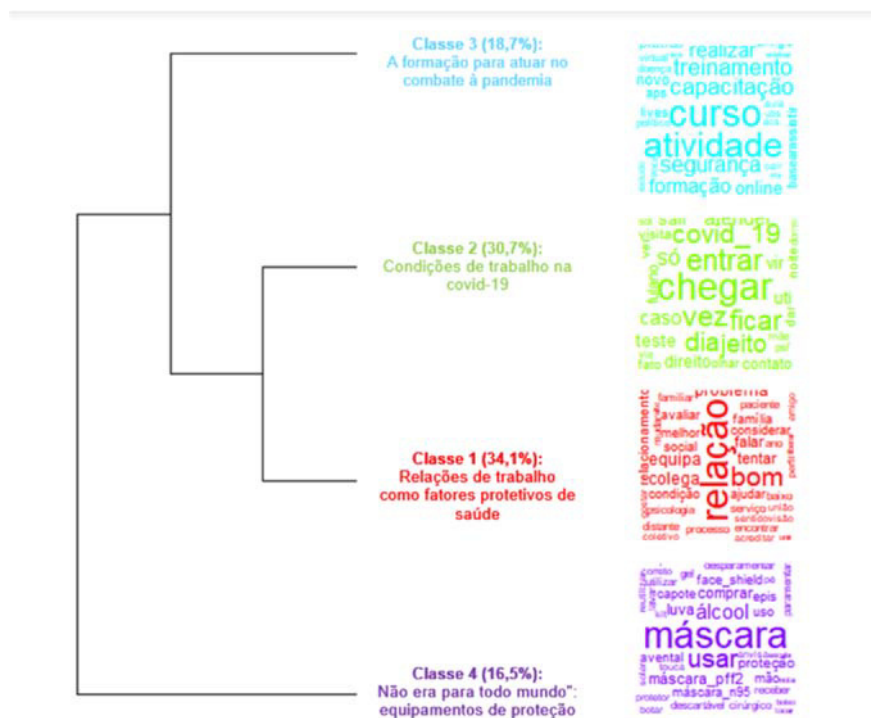


Figura 1: CHD sobre as Condições de Trabalho

A partir da utilização do Software Iramuteq, foi utilizada a Classificação Hierárquica Descendente (CHD) por meio do dendrograma de classes, que visa analisar as palavras que possuem frequência igual ou maior que a média, identificando as palavras mais significativas nas falas dos entrevistados.

Para fins de análise deste artigo, foi discutido o corpus Condições de Trabalho, considerando que este corpus trouxe falas direcionadas a condições e organização do trabalho durante a pandemia, dando ênfase nos fatores protetivos e a importância dos coletivos. Com isso, ele foi dividido em 4 classes de dendrogramas como ilustrado na figura 1, sendo elas: A) Classe 1, nomeada como “Relações de trabalho como fatores protetivos de saúde”, que representava 34,1% dos textos do corpus escolhido; B) Classe 2, nomeada de “condições de trabalho na covid-19”, com 30,7% dos textos do corpus; C) Classe 3, nomeada “a formação para atuar no combate à pandemia”, com 18,7% de representação e D) Classe 4, nomeada de

“não era para todo mundo: equipamentos de proteção”, que representou 16,5% do corpus escolhido.

Classe 1: Relações de trabalho como fatores protetivos de saúde

A classe 1 abordou diferentes tipos de relação de trabalho dentro das instituições: entre os trabalhadores, familiares, pacientes e com a própria gestão. Estas relações de trabalho são avaliadas de maneira positiva, principalmente dos trabalhadores com pacientes e familiares, em que se sobressai a tentativa de um excelente serviço prestado, dada as condições de trabalho, visando melhoria contínua e efetivação dos cuidados para com eles. Tal cuidado se mostrou recíproco, com falas direcionadas ao cuidado e gratidão dos pacientes, o que pode ser considerado um fator protetivo para a saúde dos profissionais, observado nas falas dos participantes P15 e P20 abaixo:

“Tem uma flexibilidade ali, então tem uma relação muito boa com os pacientes também. Eu tenho em especial uma forma peculiar de lidar com os pacientes e dos familiares dos pacientes, então eu acabo ajudando muito nesse processo de cura desses pacientes” (P15).

“As nossas relações com os pacientes são boas, né? Primeiro que eles veem a gente, assim, como alguém que está ali para ajudar. Então a gente é muito querido por eles, eles vêm, traz agrados, traz um lanche, um bolo, uma coisa, nos dois hospitais é muito boa a relação com eles. [...] já virou meio que família mesmo, sabe?” (P22).

O senso de coletividade também se mostrou presente, e por meio dele foi possível desenvolver estratégias de enfrentamento coletiva em meio a um cenário atípico e pouco conhecido, contribuindo para a proteção e manutenção dos profissionais no ambiente laboral. Em relação ao ambiente, a gestão foi percebida um tema recorrente, sendo descrita pelos trabalhadores como hierarquizada, oferecendo pouco reconhecimento aos trabalhadores e poucos recursos para o trabalho seguro, o que desencadeou na precarização deste e em uma avaliação negativa para com a gestão que não atendia as necessidades deles. Também houveram falhas no processo de comunicação e presença de grande rotatividade entre os gestores, com muita mudança de chefia, o que dificultava o desenvolvimento de uma relação mais próxima e recíproca junto aos trabalhadores. Tais questões podem ser observadas nas falas trazidas pelos participantes 10 e 12:

“Minha relação de trabalho com a gestão é uma coisa muito longe. A gente tem as hierarquias e tem o coordenador. A gente tem mais acesso à pessoa da coordenação e geralmente o pessoal da coordenação não entra na questão covid-19 na atuação”. (P10)

“A gente teve contato mais com o paciente e com a gestão a gente teve muito embate no início, né, por conta das questões de gestão de precarização, de EPI que a gente queria, de condições de trabalho mínimas e dignas então a gente teve um embate e no finalzinho foi que as coisas foram se reorganizando mais. Foi com muita dificuldade com muita luta, [...] no início foi conflituoso, mas a gente sempre fazia reuniões [...], então isso foi aos poucos foi se reorganizando e depois teve um melhor relacionamento com a gestão” (Participante 12).

Foi possível perceber que embora houvesse, a princípio, falhas no processo de comunicação entre equipe e gestão, houveram mecanismos de enfrentamento para a superação desses déficits. Assim como os resultados encontrados em estudos anteriores (Silva e Bendassolli, 2019) estar junto da equipe, com o amparo da gestão - ainda que este tenha sido insuficiente - bem como a relação positiva junto aos pacientes foram fatores importantes para permanência no trabalho, aumentando o senso de reconhecimento e sentido laboral.

Classe 2: Condições de trabalho na covid-19: precariedade coletiva

A segunda classe, que contou com palavras como “suspeita”, “epi”, “enfermaria”, “paciente”, “plantões”, “risco”, e “medo”, abordou questões relacionadas à exposição ao risco de contágio no ambiente de trabalho em saúde durante a pandemia do covid-19. Considerando o cenário de imprevisibilidade, falta de EPI, protocolo, informação, treinamento formal e educação continuada, o trabalho foi marcado por mudanças rápidas e medo da exposição. Ainda, algumas categorias profissionais foram vistas com maiores riscos que outras, a exemplo da enfermagem e dos agentes comunitários de saúde, que lidava com a exposição direta ao vírus, e que mesmo assim possuíam acesso escasso aos EPIS, como podem ser evidenciados pela fala abaixo dos profissional 7:

“Às vezes um morador está com covid-19 e ele não fala porque tem medo da gente medo da gente não entrar. Ainda existe preconceito para essa questão de quem está com covid-19 e a gente se sente esquecido” (Profissional 7)

Outro ponto evidenciado foi a sobrecarga do trabalho, onde os trabalhadores sentiam-se acumulados em muitas questões em um cenário de pouca ou nenhuma ação em saúde mental.

Os trabalhadores tinham que lidar, dessa forma, com um cenário de morte, incerteza, medo, luto mal elaborado, risco de contágio dentro e fora do hospital, dentre outras questões, sem o devido suporte emocional e físico necessário para a atividade. Tal falta de suporte e protocolo levou os trabalhadores a desenvolverem o prescrito informal, visando otimizar o atendimento e minimizar os riscos de contágio, e a desenvolver estratégias de enfrentamento, como pode ser observado na fala abaixo a respeito da sobrecarga mental e física vivida pelos profissionais:

“Coletivamente foi bem complicado. Minha equipe logo no início ficou bem abalada, bem abatida. A gente conversava muito no grupo, só compartilhando esses momentos ruins assim. E acaba que tentava um dar suporte ao outro, mas estava um pior que o outro. E a gente tentava lidar com essa situação, mas a gente ficava muito apreensivo sem saber o que ia acontecer, a gente não sabia, ficava com muito medo.” (P48)

O coletivo novamente é enfatizado, pois embora fosse reconhecido a dificuldade inicial em conviver diariamente, por vezes em plantões seguidos, havia ainda a tentativa de suporte visando atenuar a situação existente. Considerando que a fala possui o poder de organizar o pensamento e provocar reflexões acerca da atividade (Dejours, 1992), foi possível perceber a importância dos coletivos no compartilhamento das vivências. Por o medo ser compartilhado entre os participantes da equipe e pela ausência de suporte externo, os profissionais viam a sua equipe como lugar de trocas diante de uma precariedade coletiva, atenuando também as adversidades existentes no trabalho.

Classe 3: A formação para atuar no combate à pandemia e a cooperação

Nessa classe foram abordadas a formação dos profissionais para atuação na pandemia da COVID-19. Foi perceptível que a busca pelo conhecimento se deu por iniciativa dos próprios profissionais, já que havia pouco incentivo à capacitação e protocolos disponíveis. Alguns treinamentos que foram oferecidos no início da urgência pública não conseguiram ser suficientes com a progressão da pandemia, ocasionando em risco para os profissionais e pacientes, visto que tal dificuldade no acesso dificultou o desenvolvimento do trabalho e a confiança no mesmo. Algumas falas, entretanto, ainda mostraram que houve total escassez de treinamento e material, o que foi uma problemática bastante evidente e prejudicial sobretudo para aqueles recém-formados e recém inseridos no ambiente de saúde de alta complexidade. Tais questões podem ser exemplificadas nas falas dos profissionais 31 e 28 abaixo:

“Ninguém teve treinamento. A secretaria de saúde não disponibilizou nenhum treinamento a respeito do covid-19 e a gente não teve treinamento para nada. A gente teve que aprender na força e na raça” (P31).

“Dávamos conta da doença pesquisando na internet, assistindo os jornais, capacitação nunca tivemos, nunca se fez de juntar e dizer assim: vamos capacitá-los, covid é isso, não pode isso, não. Éramos nós que descobrimos, e nós nos juntávamos, discutíamos nos grupos de Whatsapp, nos postos de saúde...” (Profissional 28).

Assim como evidenciado na classe anterior, a classe 3 também mostrou a importância dos coletivos na atuação profissional durante a pandemia:

“A gente tenta se prevenir, começou a aprender pelos meios de comunicação, pela internet, até porque a gestão nunca nos passou nada de concreto, coisa material. Nunca deram nenhum material para que a gente viesse estudar [...] Lendo o que a gente vê através das redes sociais, televisão, assim a gente foi aprendendo.” (P50)

“Eu aprendi a realizar as suas atividades de trabalho na pandemia por cooperação entre a equipe. Não tivemos treinamento, ninguém sabia de nada na primeira vez e na segunda fomos tentando melhorar alguns erros que tínhamos visto na primeira onda, e foi basicamente cooperação, mesmo, não tivemos treinamento direto.” (P3).

Percebe-se, com isso, que foram os coletivos que possibilitaram o desenvolvimento de estratégias de enfrentamento ao desconhecimento das atividades executadas durante a pandemia, a partir da inteligência astuciosa (Dejours, 2005), pois tal conhecimento surgiu a partir da experiência real do trabalhador e condições individuais daquela atividade. A transmissão do saber foi primordial para o enfrentamento à COVID-19.

Classe 4: Não era para todo mundo - equipamentos de proteção

Por fim, a última classe expressou falas relacionadas ao uso de EPI e o acesso precário a eles durante a pandemia. Tal precariedade e má qualidade dos EPIS disponibilizados pela gerência fizeram com que os próprios trabalhadores, em união, se juntassem para comprar o faltante e, posteriormente, a reutilização deste, visando atenuar os riscos de contágio, ainda que o protocolo não permitisse tais atitudes.

“Desde janeiro que eu estou trabalhando diretamente no trabalho de campo e eu nunca recebi material de EPI, nem luva, nem máscara e álcool em gel,

vestimenta, bota, nada... Eu me sinto lesada tendo que financiar uma coisa que deveria vir de cima". (P38)

Aqui, também evidenciou-se a dificuldade de acesso aos equipamentos básicos, mostrando o racionamento dos equipamentos e as consequências relacionadas a contágio, calor, suor e contágio, o que gerou angústia e tensão;

“Às vezes o EPI chegava às 7 da manhã. De noite era usado o último epi e aí só ia chegar às 7 da manhã. A gente ficava rezando: ‘meu Deus, do céu tomara que chegue’ (P 45).

Em síntese, é possível perceber questões relacionadas ao sofrimento vivenciado no início da pandemia devido a ausência de treinamento, falta de informação e apoio da gestão imediata, junto ao medo da contaminação. Para tal, os profissionais utilizavam estratégias de enfrentamento voltadas para a cooperação, que foi constituído aqui como fator primordial para permanência e proteção dos mesmos. A ausência de diálogo, esgotamento físico e mental e pouco reconhecimento por parte das lideranças tornaram ainda mais penoso o trabalho no combate à covid-19. No entanto, foi possível observar momentos de prazer e satisfação relacionados ao reconhecimento, quando se sentiam úteis por estarem trabalhando na linha de frente, e pela possibilidade de aprendizado junto a seus pares, sentindo-se pertencente a um propósito maior e a um coletivo atuante. O trabalho real foi possível de ser realizado graças a cooperação dos profissionais e a inteligência astuciosa que mobilizou os indivíduos e afetos para a promoção da atividade de trabalho.

1.1. Análise quantitativa exploratória

Considerando a importância de maior aprofundamento sobre a cooperação e coletivos de trabalho, foram utilizados os dados do estudo quantitativo a partir de uma análise exploratória da amostra de 1003 profissionais que atuaram na linha de frente da COVID-19 e participaram da pesquisa.

A cooperação no trabalho surge como fator primordial para a realização das tarefas e promotor de sentimentos de satisfação. Por meio dos coletivos de trabalho, foi possível observar que a concepção de trabalho cooperativo foi um fator protetivo para a permanência dos trabalhadores e para a saúde mental deles, tendo em vista a possibilidade de trocas e dicas profissionais, e a diminuição do isolamento que, à época, era uma das principais problemáticas relatadas.

Para a realização do cruzamento de dados obtidos junto aos sentimentos despertados, foi realizada uma delimitação acerca deles: os sentimentos negativos são descritos como relacionados à raiva, tristeza, medo e adoecimento. Já os sentimentos positivos se relacionam ao apoio, reconhecimento e alegria. Após a delimitação deste, foram analisados os dados e verificados aqueles estatisticamente significativos, ou seja, que possuíam correlação $p < 0,001$ a partir do teste qui-quadrado (χ^2) de independência com o auxílio do programa SPSS v.24, observando a medida de associação de cada fator, de maneira a observar as frequências próximas do esperado - quando o valor de χ^2 é pequeno - e divergente do esperado - quando o χ^2 assume valores mais altos.

Quando perguntado aos profissionais acerca das sensações e sentimentos dos trabalhadores, 12% concordam com a sentença “meu trabalho é solitário e isolado”, enquanto 30,5% da amostra discorda totalmente e 45,4% discordam. Inicialmente, observa-se que mais de 70% da amostra acredita que o trabalho realizado acontece de maneira cooperativa e coletiva em algum grau, tendo a necessidade de estar entre pares no trabalho. Tal questão corrobora com os resultados encontrados no estudo qualitativo, à medida que a equipe multiprofissional surgiu em vários tópicos da entrevista e foi compreendida como primordial para a efetivação dos cuidados.

Na análise de dados sobre sentimento geral no enfrentamento de COVID-19 contrapondo-se à afirmativa de que o trabalho é inseguro por falta de informações específicas, foi observado que dentre os profissionais que acham o trabalho inseguro, percebe-se mais trabalhadores insatisfeitos, totalizando 28,6% que sinalizaram estarem muito insatisfeitos e insatisfeitos. Apenas 13% da amostra se encontram muito satisfeitos em relação ao seu trabalho na pandemia, e sentem-se seguros com o trabalho realizado.

Em contrapartida, quando cruzado os dados acerca do sentimento geral no enfrentamento da COVID 19 x meu trabalho é isolado e inseguro, aqueles que concordaram com o sentimento positivo acerca do enfrentamento da covid acreditam que o trabalho não é solitário e isolado. Em contrapartida, aqueles que consideram o seu trabalho sendo solitário e isolado, sentem-se insatisfeitos com o trabalho durante a pandemia ou neutros em relação a esta atuação. Tal compreensão também corrobora com o estudo anterior à medida que exemplificou a ausência de formação específica para a atuação na pandemia, desenvolvendo um cenário inseguro, sendo preciso, para isso, trocas com outros profissionais, o que tornaria o trabalho pouco solitário e conseqüentemente mais seguro, como mostrado.

A importância dos coletivos na percepção da qualidade do trabalho e na manutenção desta fica perceptível. Este dado é coerente com a análise realizada acerca das principais

características das orientações e condições de trabalho, onde quase 30% da amostra indicou que os colegas trocaram experiências e macetes para conseguir realizar as atividades na pandemia; assim, 15,7% afirmou não ter recebido nenhum tipo de treinamento ou orientação técnica vinda da gestão para atuar na pandemia, buscando outras fontes. O uso da inteligência astuciosa permitiu, a partir de mecanismos diversos e com as trocas entre os coletivos, desenvolver o trabalho em um cenário de falta de informação e orientação, corroborando com estudos anteriores que demonstraram o cuidado dos profissionais na busca de colaborar, dentro das possibilidades, visando transformar o cenário emergencial. (Silva e Bendassolli, 2020; Silva e Athayde, 2021)

Em relação ao cruzamento de dados sobre sentimento mais latente no trabalho x orientações e condições de trabalho, obteve-se um $p < 0,001$ e coeficiente V de Cramer 0,173, mostrando-se significativo aqueles que se sentiam mais apoiados e que tinham recursos técnicos necessários, com coeficiente V de Cramer de 0,219 e $p < 0,001$, demonstrando associação maior do que a esperada. Por outro lado, os profissionais que precisavam lidar com falta de guia, protocolos e manuais, bem como não obtiveram orientação técnica vindo da gestão, foram os que mais demonstraram estar tristes e adoecidos (coeficiente 0,248). A insegurança por falta de formação específica foi uma questão muito relacionada à insatisfação em relação ao trabalho durante a pandemia, bem como a falta de experiência na área. Assim, percebe-se que as condições de trabalho interferiram diretamente na percepção de satisfação e insatisfação no trabalho, pois quanto mais favorável esta era, mais positivo eram os sentimentos, aqui descritos relacionados à apoio, reconhecimento e alegria, como mencionado anteriormente.

Indo ao encontro do conceito de cooperação definido por Dejours (2012), que descreve-o como condição para a existência do coletivo de trabalho, esta questão fica evidente ao analisar os sentimentos envolvidos durante a pandemia no contexto laboral e as orientações dentro dos coletivos de trabalho. Aqueles que mais trocaram experiências de trabalho sentiam-se entre moderadamente e plenamente satisfeitos em relação a sua função. Além da necessidade evidente, a cooperação implica em um acordo social, exigindo confiança entre os trabalhadores que diante de um cenário de incertezas e medos, desenvolveram estratégias para contornar a situação - ou ao menos reduzir os impactos dela na vida dos profissionais e pacientes. Portanto, a cooperação surge, de fato, como fator protetivo.

Em relação ao sentimento de valorização e reconhecimento, fatores importantes para mobilização subjetiva, pois tem-se nele a possibilidade de transformação do sofrimento em prazer (Dejours, 2012a), foi observado que entre os profissionais que acreditavam possuir

reconhecimento social, havia maior nível de satisfação em relação ao trabalho realizado. No entanto, sentimentos de neutralidade e insatisfação foram identificados, apesar da percepção do reconhecimento social. Assim como Dejours (2004) afirma, o reconhecimento portanto está concebido em duas dimensões, sendo a primeira relacionada à constatação, reconhecida pelos profissionais da pesquisa; a segunda, no entanto, refere-se ao sentido de gratidão, ou seja, reconhecido por sua contribuição à organização do trabalho, que foi observado com certa ausência, sobretudo da gestão.

Tal compreensão também ficou evidente em outros cruzamentos, pois houve uma correlação significativa em relação ao reconhecimento da opinião no ambiente de trabalho e insatisfação do trabalhador, onde quanto menos esta era reconhecida, mais sentimentos negativos o trabalhador percebia, em oposição ao reconhecimento das opiniões direcionada a uma maior satisfação no trabalho. Ao cruzar o sentimento geral no enfrentamento a covid x reconhecimento e satisfação no trabalho quando a chefia demonstra que reconhece minha dedicação, foi perceptível que quanto menos evidente o sentimento de reconhecimento, menos satisfação era gerada, embora uma parcela significativa dos profissionais estivessem neutros em relação a reconhecimento da chefia. Tal questão vai ao encontro da afirmação que “se a dinâmica do reconhecimento está paralisada, o sofrimento não pode mais ser transformado em prazer, não encontra mais qualquer sentido” (Dejours, 2012a, p. 110), deixando de fazer sentido ao trabalhador, que conseqüentemente se vê fazendo um trabalho sofrido, adoecedor e pouco valorizado pela gestão, colegas e sociedade, ocasionando em uma dinâmica patogênica, que pode levar à descompensação e a necessidade de estratégias defensivas, como discutido em tópicos anteriores. Sendo assim, o reconhecimento é primordial para a manutenção da saúde do trabalhador, bem como a presença de vínculos e coletivos no trabalho, pois é nesses espaços de deliberação coletiva sobre o fazer que as condições são satisfeitas e a cooperação é efetiva, sobressaindo o viver junto em contrapartida ao adoecimento.

Conclusão

O objetivo deste artigo foi analisar a importância dos coletivos para a manutenção da saúde mental dos profissionais de saúde que atuaram na pandemia da COVID-19, em um cenário de incertezas, pouca compreensão das formas de atuação e dificuldades intrínsecas ao trabalhador, tendo em vista a mobilização para além do âmbito laboral.

Cabe ressaltar, inicialmente, o perfil dos profissionais atuantes na linha de frente: mulheres pretas e pardas, da área da enfermagem, que ganhavam majoritariamente entre 2 e 5 salários, que possuíam 2 vínculos. Assim, questões que perpassam o gênero podem ser analisadas de maneira a complementar estudos voltados para a compreensão dos profissionais na área da saúde atuantes na pandemia, tendo em vista a sobrecarga da qual tais profissionais explicitados no trabalho como maioria passam, tanto em relação ao trabalho como em ambientes externos a ele.

Diante da compreensão dos resultados da pesquisa quantitativa e qualitativa, pode-se concluir que os coletivos de trabalho foram fatores protetivos e fonte de auxílio durante tais adversidades. Apesar da precariedade no trabalho, da falta de reconhecimento pela gestão e pelo sofrimento existente, o coletivo se mostrou como um orientador e garantidor da atividade individual, dando encaminhamento e sentido ao fazer laboral, sendo portanto um impulsionador de saúde e segurança no trabalho. Na presente pesquisa, foi possível observar a importância do mesmo para os diversos atores envolvidos no processo, para além dos trabalhadores: ao fortalecerem os coletivos, os trabalhadores desenvolviam as atividades com mais segurança, que por sua vez era refletido na qualidade dos atendimentos para os pacientes.

A cooperação também esteve intrinsecamente relacionada a uma maior possibilidade de realização das atividades individuais, manejo de conflitos, aplicação de protocolos desenvolvidos para atuação e no alcance da efetiva realização do trabalho nesse contexto. Tal prática se mostrou comum para os trabalhadores participantes, que desenvolveu, à medida que novas ondas da COVID-19 iam surgindo, novas formas de fazer o trabalho, por meio de tais trocas. Os coletivos também se mostraram primordiais para o desenvolvimento de um espaço seguro para se falar e discutir sobre o dia a dia laboral, fortalecendo assim as estratégias defensivas e mobilizando os sujeitos diante das adversidades.

Assim, apesar de toda a dificuldade encontrada, a ancoragem no coletivo foi o enfrentamento necessário para manutenção da qualidade de vida e saúde mental dentro e fora do ambiente profissional. Indo ao encontro do conceito de saúde proposto por Dejours, tanto as condições físicas de trabalho como a organização do trabalho são fatores que interferem na

saúde, e tal questão ficou evidenciada na presente pesquisa, pois ainda que houvesse para alguns profissionais a qualidade dos equipamentos e EPIS, a falta de reconhecimento tornava o trabalho mal avaliado e promotor de angústia e sentimentos negativos.

Considerando a intensificação por intervenções e buscas por estratégias visando o enfrentamento do desafio posto e as condições de trabalho durante a COVID-19, em um cenário de novas demandas e emergentes problemáticas que permeavam, a Psicodinâmica do Trabalho foi essencial para compreender a dimensão subjetiva do trabalho por meio da fala, da compreensão e expressão dos trabalhadores que participaram da presente pesquisa, visando observar aspectos de mobilização, estratégias defensivas e processo de subjetivação em um contexto de sofrimento e prazer, diante da complexidade pela qual os profissionais de saúde passaram durante a pandemia.

Perspectivas

A partir da análise do conteúdo, foi perceptível problemáticas relacionadas ao meio laboral e, sobretudo, medidas protetivas, aqui percebidas como os coletivos de trabalho, que fortalecem o conhecimento próprio a partir do compartilhamento de informações, de angústias e sintomas visando atenuar, na medida do possível, os sentimentos negativos ali expostos que influenciavam diretamente a qualidade do trabalho e a saúde mental dos trabalhadores da saúde. Os sentimentos de prazer foram ao encontro do sentido do trabalho, pertencimento e principalmente do reconhecimento de sua atividade laboral, valorizando-a. A importância do desenvolvimento de intervenções dentro do ambiente de trabalho visando os aspectos psicossociais e o fortalecimento dos coletivos nas instituições se mostrou essencial, pois é dentro do espaço laboral que ocorre o desenvolvimento, pertencimento, reconhecimento e valorização do trabalhador.

A pesquisa desenvolvida oferece muitas reflexões sobre o trabalho, especialmente atribuído à saúde pública e a importância dos grupos. Ao integrar a Psicodinâmica do Trabalho, o desenvolvimento da pesquisa e o resultado desta amplia a compreensão sobre a influência do contexto laboral para a manutenção da saúde mental dos profissionais. Além disso, os métodos qualitativos e quantitativos utilizados permitiram uma análise abrangente e enriquecedora, aprofundando-se ainda mais no objeto de estudo. Com tais achados, que demonstram a importância do fortalecimento dos vínculos em meio a adversidades, tem-se a possibilidade de pensar em estratégias aplicáveis em outras áreas de trabalho, de modo a influenciar positivamente a saúde mental dos trabalhadores, para além do grupo de estudo. Assim, a

pesquisa abre caminhos para futuras investigações sobre a importância dos coletivos em diferentes contextos, contribuindo para a formulação de políticas públicas que promovam ambientes de trabalho saudáveis e colaborativos.

Referências bibliográficas

CAMARGO, Brígido Vizeu; JUSTO, Ana Maria. **IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais**. Temas psicologia, Ribeirão Preto, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.

Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X2013000200016&lng=pt&nrm=iso)

389X2013000200016&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 28 junho. 2023. DOI:

<http://dx.doi.org/10.9788/TP2013.2-16>.

DEJOURS, Christophe. **Por um novo conceito de saúde**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 54 (4), 7-11, 1986. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5817635/mod_resource/content/2/%5BDejours%5D_Por%20um%20novo%20conceito%20de%20Sa%C3%BAde.pdf

DEJOURS, Christophe. **A loucura do trabalho : um estudo de psicopatologia do trabalho**. São Paulo: Cortez – Oboré. 1992.

DEJOURS, Christophe. **O fator humano**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2005

DEJOURS, Christophe. **Análise psicodinâmica das situações de trabalho e sociologia da linguagem**. In S. Lancman & L. I. Sznelwar (Eds.), Christophe Dejours: da psicopatologia à psicodinâmica do trabalho, p. 197-241. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004

DEJOURS, Christophe. **Trabalho Vivo I : Sexualidade e Trabalho**. Brasília: Paralelo 15, 2012a

DEJOURS, Christophe. **Trabalho Vivo II : Trabalho e Emancipação**. Brasília: Paralelo 15, 2012b

DEJOURS, Christophe. Organização do trabalho e saúde mental: quais são as responsabilidades do manager? In K. Macêdo et al. (Orgs.). **Organização do trabalho e adoecimento: uma visão interdisciplinar**, p. 317-331. Goiânia : Editora PUC Goiás, 2016.

MÁXIMO, Thais. et. al (2022). **Uma análise sobre a saúde de trabalhadores que estão no enfrentamento à Pandemia**. Laboreal (Online), v. 18, nº 2, 2022. Acesso em 15 de julho de 2023. DOI: <https://doi.org/10.4000/laboreal.19841>

PÉRILLEUX, Thomas. Las transformaciones contemporáneas del trabajo. Nuevas canteras de pensamiento y de acción. In: Betty Espinosa, Betty (Coord.) *Mundos del trabajo: pluralidad y transformaciones contemporáneas*. Quito, Ecuador: FLACSO, 2008.

THÉBAUD-MONY, Annie. In: Hirata H, Laborie F, Senotier D, organizadores. **Dicionário crítico do feminismo**. São Paulo: Editora Unesp, 2009

VEDOVATO, Tatiana Giovanelli, et. al. **Trabalhadores(as) da saúde e a COVID-19: condições de trabalho à deriva?** *Revista Brasileira De Saúde Ocupacional*, v. 46, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000028520>

SOUZA, Wladimir Ferreira; ATHAYDE, Milton. *Trabalhadores e a COVID-19: condições de trabalho à deriva?* *Revista Brasileira De Saúde Ocupacional* (Online), v. 17, nº 1, 2021. Acesso em 16 de junho de 2023. DOI: <https://doi.org/10.4000/laboreal.17673>

SILVA, Alda Karoline Lima; BENDASSOLLI, Pedro Fernando. **Coletivos de Trabalho e a produção de saúde dos ofícios**. *Psicologia em Estudo*, v. 24, 2021. Acesso em: 16 de junho de 2023. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/PsicolEstud/article/view/40528>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report-11**. Geneva: World Health Organization, 2020. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200131-sitrep-11-ncov.pdf?sfvrsn=de7c0f7_4 Acesso em: 12 de maio de 2023

CONTEÚDOS E TEMAS DE FILOSOFIA NO LIVRO DIDÁTICO MODERNA PLUS-CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADAS

Maria Vitória Juvito Matias¹
Gabriela da Nóbrega Carreiro²
Josegley Andrade de Lucena³
Tânia Rodrigues Palhano⁴

Resumo

Os conteúdos e temas de filosofia em caráter interdisciplinar no livro didático para o Ensino Médio buscam estabelecer conexões com a área do conhecimento das ciências humanas e sociais aplicadas. Nesta pesquisa o objetivo foi investigar conteúdos e temas de filosofia no livro didático Moderna Plus -Ciências Humanas e Sociais e Aplicadas (2020) do Programa Nacional de livros Didáticos-PNLD de 2021. De abordagem qualitativa e documental, os conteúdos de filosofia foram pesquisados em seis volumes do livro didático Moderna Plus-Ciências Sociais e Humanas Aplicadas, e destacados em um quadro quesitos como o volume, página, tema e conteúdo do livro trabalhado no ensino médio. Foram identificados os aspectos sociológicos e históricos mais presentes do que os filosóficos. como ocorre no livro Trabalho. Destaca-se o papel feminino dentro desse campo, sendo representadas por Hannah Arendt, Simone de Beauvoir e Angela Davis, além de também citar a filósofa brasileira Marilena Chauí.

Palavras-chave: Filosofia. Livro didático. Conteúdo interdisciplinar. Ensino médio.

Introdução

Os temas de filosofia, que aqui serão apresentados, estão registrados no livro didático para os itinerários formativos do Novo Ensino Médio na área de conhecimento de ciências humanas e sociais aplicadas, são apresentados temas e conteúdo que estabelecem conexões com demais área e com a realidade.

O livro didático com conteúdos de filosofia para o ensino médio tem em sua última versão (Programa Nacional de Livros Didáticos-PNLD/2021), a ênfase em aspectos de competências e habilidades e revela caráter interdisciplinar. Tais aspectos implicam também numa experiência curricular da filosofia como disciplina no ensino médio que agoniza diante da nova Base Nacional Comum Curricular-BNCC, na qual seus conhecimentos se instalam

¹mariavitoriaj2005@gmail.com

²gncarreiro@gmail.com

³josegleyal@gmail.com

⁴taniarpalhano@gmail.com (Temas de Filosofia e a abordagem interdisciplinar no livro didático Moderna Plus-Ciências Humanas e Sociais Aplicadas/ Conteúdos e Temas de Filosofia no livro didático Moderna Plus-Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, 998154492, 25093886@see.pb.gov.br)

em conteúdos e práticas interdisciplinares envoltos na ideia de flexibilização das habilidades e competências. Mas, ainda em vigor, o ensino de filosofia apresenta práticas que buscam desenvolver o conhecimento humano pelo caminho da reflexão, da crítica e enfatizando o raciocínio lógico, a formação de conceitos com vistas à formação autônoma do cidadão.

A pesquisa realizada com os temas de filosofia em caráter interdisciplinar no livro didático para o Ensino Médio, esteve vinculada ao projeto Temas de Filosofia e a Abordagem Interdisciplinar no livro didático Moderna Plus-Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e aponta na investigação filosófica e na discussão do desenho de uma matriz curricular, que compreende a filosofia no contexto das Ciências Humanas e Sociais Aplicada-CHSA junto a Geografia, História e Sociologia, a serem ensinadas em qualquer ano do ensino médio.

Com o objetivo de investigar conteúdos e temas de filosofia no livro didático Moderna Plus – Ciências Humanas e Sociais e Aplicadas (2020), do Programa Nacional de livros Didáticos-PNLD de 2021, as atividades da pesquisa foram realizadas na esfera educacional, com a investigação no livro didático como documento oficial.

Os caminhos orientadores adotados para avaliação pedagógica do material didático para o ensino médio no PNLD de 2021, baseia-se nas discussões que sustentaram a última reforma do Ensino Médio (Lei 13.415/17) e nos princípios gerais da Lei de Diretrizes e Bases Nacional-LDB (Lei no 9.394/96). E para dar conta da nova matriz curricular resultante do processo amplo de reformulação, a Base Nacional Comum Curricular-BNCC “tem como princípio a abordagem interdisciplinar por área de conhecimento e não de componente curricular” (BRASIL, 2021, p.20).

Foi utilizado como objeto de estudo principal o livro didático Moderna Plus – Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. O material que foi utilizado é composto por 6 volumes, formulados pelos seguintes autores: Patrícia Ramos Braick, Myriam Becho Mota, Lygia terra, Regina Araújo, Raul Borges Guimarães, Maria Lúcia de Arruda Aranha, Afrânio Silva, Bruno Loureiro, Cassia Miranda, Fátima Ferreira, Lier Pires Ferreira, Marcela M. Serrano, Marcelo Araújo, Marcelo Costa, Martha Nogueira, Otair Fernandes de Oliveira, Paula Menezes, Raphael M. C. Corrêa, Rodrigo Pain, Rogério Lima, Tatiana Bukowitz, Thiago Esteves, Vinicius Mayo Esteves. Cada livro trabalha uma temática específica, inserida em suas respectivas capas.

Os temas tratados sobre as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas são:

- Vol. 1: Natureza em transformação;
- Vol. 2: Globalização, emancipação e cidadania;
- Vol. 3: Trabalho, ciência e tecnologia;

- Vol. 4: Poder e política;
- Vol. 5: Sociedade, política e cultura;
- Vol. 6: Conflitos e desigualdades.

Na proposta do Plano desenvolvido que tinha como objeto conteúdos e temas de filosofia, buscou-se analisar de que forma os conteúdos e temas filosóficos estão sendo trabalhados dentro da abordagem estabelecida pelo Novo Ensino Médio, e como estes auxiliam e se são meios eficazes para aprimorar a capacidade de reflexão do estudante bem como prepará-los para questões voltadas à realidade, incluindo sua formação autônoma como cidadão e desenvolvimento de certas habilidades intelectuais que ajudarão no seu processo de compreensão de mundo. Além disso, há uma devida atenção à questão da interdisciplinaridade, ou seja, buscando entender como a Filosofia está associada a outras áreas de conhecimento das ciências humanas sociais e aplicadas.

Objetivos

Os objetivos da pesquisa foram os seguintes:

Objetivo Geral

Investigar conteúdos e temas de filosofia no livro didático Moderna Plus -Ciências Humanas e Sociais e Aplicadas (2020) do Programa Nacional de livros Didáticos-PNLD de 2021.

Objetivos Específicos

Identificar temas e conteúdos filosóficos no livro didático Moderna Plus -Ciências Humanas e Sociais e Aplicadas (2020);

Examinar temas e conteúdos filosóficos em indicação de leituras, atividades pedagógicas como sugestões de filmes, registro de imagens, quadrinhos;

Relacionar temas filosóficos com conexões a outros conhecimentos das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Fundamentação Teórica

A necessidade do uso de materiais didáticos e práticas pedagógicas no exercício escolar no espaço do saber filosófico dado pelo sistema educacional se encontra presente nas práticas pedagógicas desenvolvidas em escolas do ensino médio na experiência da filosofia, em que temas filosóficos de caráter reflexivo, crítico, conceitual se apresentam no espaço

escolar do ensino médio e que a linha de pensamento filosófico pode estar se traçando na formação de alunos, tendo em vista a concepção de mundo a ser desenhada pelo cidadão com base neste tipo de conhecimento.

Em caráter interdisciplinar, como se apresenta no texto filosófico a leitura de um texto que evidencie o pensamento reflexivo, atitudes de indagação, de questionamento, de reflexão, do perguntar sobre o algo que ignora e sabe que ignora e precisa conhecer, o qual deverá abrir uma ampla perspectiva de interpretações na compreensão de mundo, configurada de modo importante na formação do cidadão.

Apresentamos questões em torno do norteamento de temas que dialoguem com vivências e experiências na formação do cidadão, como registros sobre ética que apontam critérios norteadores na orientação do problematizar humano os desafios éticos contemporâneos? Por que devemos problematizar a ação humana quanto ao como agimos e como costumamos agir diante de uma situação que necessita de regras morais? Estamos certos ou demasiadamente certos das ações morais? Por que devemos problematizar a realidade a partir de ações morais e como papel fundamental questionar sempre a atividade de escolha moral?

E nesse caminho de investigação no auxílio a compreensão do livro didático para o itinerário formativo das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas-CHSA sobre temas de filosofia, foram consultados Rodrigo (2009) e Gallo (2013) Cerletti (2009) (2015) como orientações quanto aos pressupostos pedagógicos na orientação de determinado tema filosófico, articulados entre si, e entre outros elementos formais na perspectiva da aprendizagem filosófica. E quanto ao caráter interdisciplinar foram consultados os documentos legais como a Programa Nacional do Livro Didático-PNLD (2021), a Base nacional Comum Curricular-BNCC (2018) e as Orientações Curriculares Nacionais (2006).

A filosofia estimula a discussão de conceitos, desperta a formação da reflexão crítica sobre a realidade e elucida a oportunidade da descoberta do pensar melhor, que vai ajudar a descobrir e reelaborar uma nova concepção de mundo. Nesse encalço destaca-se em Freire (1995), o pensar certo que tem como uma das condições necessárias não estarmos demasiadamente certos de nossas certezas, o que envolve a atitude do questionar a própria prática, a experiência de pensamentos e ações de concepções tradicionais que impedem o impulso de mudanças e transformações na vida do em homem em sociedade com seus direitos forjados.

Metodologia

Na pesquisa os elementos teóricos fundamentados no ensino de filosofia, não serão tratados como conteúdos específicos, mas a investigação tem cunho dialético, na busca do lugar da filosofia no ensino médio no campo da interdisciplinaridade, ressaltando a relação com a acentuação da técnica por via de pressupostos pragmáticos na educação, enaltecendo a atividade de cunho prático, em detrimento da ação-reflexão-ação do ponto de vista do teor educativo no movimento histórico-temático-contextual.

Ressaltamos, então, o reconhecimento da interpretação como inevitável neste estudo, em Demo (1992, p.22), “esta é a arte de descobrir a entrelinha para além das linhas, o contexto para além do texto, a significação para além da palavra”. Utilizaremos para a pesquisa de caráter bibliográfico e documental, a observação e informações a respeito de nosso objeto de estudo, que em Minayo (2009) a observação é feita sobre tudo aquilo que pode ser visto a um observador atento.

Na esfera educacional, a investigação residiu em livros didáticos e documentos oficiais no que tange a conteúdos e temas de filosofia, ressaltando conexões com os conhecimentos das ciências humanas e sociais aplicadas. Tratou-se de um estudo exploratório, segundo Martins (1994), de abordagem adotada para a busca de maiores informações sobre determinado assunto.

Foi uma pesquisa de abordagem qualitativa e no decorrer da investigação foram observados temas e autores relevantes na orientação de critérios no diálogo com a experiência contemporânea, e no caminho exploratório, identificamos orientações na conduta do ser humano.

Assim, a pesquisa revelou-se teórica, histórica, documental. Teórica, pela necessidade de se captar a realidade, não como dada para todos, mas na especificidade do objeto definido neste estudo. É uma pesquisa histórica por contextualizar tempo e espaço. Documental, por se utilizar documentos legais a serem manuseados como instrumentos de pesquisa. Há, também, a importância da interpretação por buscarmos a compreensão de textos, contextos, temas e conceitos nas suas linhas e entrelinhas. Ressaltamos, então, o reconhecimento da interpretação como inevitável em nosso estudo.

A pesquisa proposta teve por base elementos teóricos fundamentados em temas que envolvem os conteúdos filosófico e outros conhecimentos das ciências humanas no ensino médio, neste caso, não tratou-se de selecionar apenas específicos conteúdos, mas de investigar, dialeticamente, qual o lugar da filosofia no ensino médio como norteamento de ações humanas, por tópicos como ser humano, cultura e sociedade, fornecendo informações

que implicaram na relação entre os temas propostos com o caráter interdisciplinar visando a formação do educando.

Foi realizado estudo de análise para compreensão de temas filosóficos no diálogo com a educação e com a filosofia, a fim de demonstrar conexões na área de conhecimento das ciências humanas e sociais aplicadas na abrangência da interdisciplinaridade. E, em sequência, será apresentada uma síntese de temas recorrentes à experiência contemporânea.

Foram utilizados como elementos de pesquisa, documentos de avaliação e orientação do Ministério da Educação como o Programa Nacional do Livro Didático-PNLD (2021), a Base nacional Comum Curricular-BNCC (2018).

Discussões e debates foram elementos fundantes nas atividades de pesquisa entre a aluna pesquisadora e professora coordenadora do projeto de pesquisa e o diálogo, para a compreensão temática, conceitual e interdisciplinar da filosofia nos processos de ensino e aprendizagem nas relações entre a filosofia escolar e desafios contemporâneos, com vistas a contribuição de reflexão sobre as ações humanas quanto a questões morais, com base na teoria ética objetiva de caráter universal e a de tipo relativista.

E pelo seu caráter intrinsecamente interdisciplinar, conteúdos como os de ética permitem uma interação e mútua colaboração nos seus objetivos de aprendizagem com diferentes saberes, para que o tratamento de questões epistemológicas seja articulado aos conteúdos, da Sociologia, dos Direitos Humanos, da Saúde Humana e Animal, do Meio-Ambiente, e as questões de Política, Liberdade, Violência. Esses conteúdos aliados ao tema da ética por exemplo, contribuem para a orientação de conteúdos morais ao expressar conteúdos relacionados a realidade contemporânea.

No alcance dos resultados, foi realizado o levantamento de conteúdos, e analisado dados que inclui a dinâmica da prática da investigação em filosofia e educação. O que impeliu a uma hermenêutica de temas e contextos com base no livro didático. A abordagem da pesquisa envolveu o livro didático como documento de análise, com temas filosóficos e os desafios do caráter interdisciplinar no âmbito do ensino médio e na formação do ser humano e cidadão.

Para realizar a pesquisa de forma eficaz, separamos em diferentes etapas, seguindo uma abordagem qualitativa, isto é, buscando aprofundar-nos na compreensão do determinado tema. Dessa maneira, tudo foi planejado para que o objeto de pesquisa fosse investigado em prol da análise de como os temas filosóficos estão sendo abordados no material desenvolvido para o Novo Ensino Médio e qual o alcance dos conteúdos no desenvolvimeto do conhecimento dos estudantes no modo interdisciplinar.

Resultados e discussão

Inicialmente, reunimos os seis volumes do livro didático Moderna Plus-Ciências Sociais e Humanas Aplicadas, notando que cada um deles trabalhava com um tema específico, exposto diretamente em suas capas, acompanhados dos nomes dos autores responsáveis pelas formulações, e que todas as disciplinas presentes no material têm suas discussões em torno daquela temática. Desse modo, iniciamos o estudo por meio da leitura do sumário de cada um deles, objetivando extrair algumas informações iniciais relevantes.

Para facilitar, foi elaborado um quadro e preenchido pelo google drive, de modo que todos e todas participantes da pesquisa acompanhavam o desenvolvimento do trabalho, o professor de filosofia da escola e três discentes de mestrado e doutorado, orientandos/as da coordenadora.

O quadro foi estruturado em por cinco colunas, onde desenvolvemos os conteúdos pesquisados e inseridos com base nos seguintes itens listados e descritos abaixo:

- Vol./Cap./Pág: foram apresentados o volume, capítulo e páginas, respectivamente, referentes aos conteúdos filosóficos.
- Área: referia-se à área da Filosofia que estava sendo trabalhada no volume.
- Tema: referia-se ao conteúdo geral abordado.
- Conteúdo: referia-se ao tema, entretanto foi trabalhado de forma mais específica.
- Observações: referia-se à determinados tópicos que necessitavam de uma atenção maior.
- Discussões: referia-se às análises percebidas a partir de uma leitura breve.

VOL./CAP. / PÁG	ÁREA	TEMA	CONTEÚDO	OBSERVAÇÕES	DISCUSSÕES
1 / 3 / 58 á 80	FILOSOFIA NATURAL E ÉTICA	Natureza	Perspectivas da natureza ao longo do tempo.	Por ser o primeiro livro de de 6 edições da Moderna Plus, ocorre um certo descaso ao ter a ausência de conteúdos introdutórios, isto é, aqueles que apresentam a disciplina e explicam quais são	Apesar de apresentar vantagens como a cronologia correta, visto que os filósofos e suas respectivas ideias são pré-socráticos até os contemporâneos, apresenta pontos negativos no que diz respeito à

				seus objetivos.	ausência de assuntos introdutórios e a falta de aprofundamento nas questões relacionados à ética ambiental, e no que diz respeito à ética da responsabilidade de Hans Jonas, que é explicada de forma bastante superficial.
2 / 6 / 130 á 158	ANTROPOLOGIA	Subjetividade	A transformação do sujeito e suas transformações na sociedade.	Não traz uma reflexão inicial sobre a existência humana, adentrando diretamente no assunto.	O capítulo não possui uma reflexão inicial sobre a existência humana e já começa com pensadores considerados bastante complexos, como Karl Marx e Nietzsche. Relacionada ao assunto, é citada a pensadora Simone de Beauvoir. Apesar de apresentar um avanço, não é aprofundado no livro sobre suas visões e teorias em comparação aos demais filósofos.
3 / 1 / 10 á 29	ANTROPOLOGIA	Trabalho	O trabalho ao longo do tempo, teorias modernas e sua relação	Neste capítulo de um modo geral, trabalha mais com conceitos e	Como foi citado na observação, os pensadores são trabalhados

			com a ciência.	definições do que propriamente com pensadores.	de forma bastante sucinta, dando mais espaço a fatos históricos que influenciaram na definição dos determinados termos e teorias. Dentro do campo do método experimental, não foram citados alguns pensadores que contribuíram neste projeto, como Aristóteles e Descartes. Somado a isso, o material poderia ter abordado melhor a respeito das desigualdades no campo de trabalho, que é o tema principal, tanto no que se refere ao machismo quanto ao racismo e outras formas de violência.
4 / 1 / 10 á 32	POLÍTICA	Poder, força e Estado	Formas de poder e teorias políticas.	O conceito de política em si poderia ser trabalhado de forma mais elaborada, trazendo visões relacionadas à pergunta "O que é política?" Este livro trouxe aspectos positivos no que diz respeito aos contextos históricos citados,	As teorias políticas trabalhadas por Aristóteles e Platão são apresentadas de maneira desproporcional aos demais pensadores modernos, como Locke, Maquiavel, Hobbes, etc.

				os temas trabalhados, por ter abordado figuras femininas dentro da Filosofia, etc.	Enquanto os pensadores mais "tradicionais" são apresentados de maneira mais aprofundada, os filósofos modernos são trabalhados superficialmente. Além disso, ocorre um certo descaso com a parte mais contemporânea, visto que só são apresentados conceitos sem que haja a presença de pensadores desse tempo.
5 / 1 / 10 á 32	ANTROPOLOGIA	Cultura	Conceito de cultura, arte, religião, o problema da morte e do mal.	O material analisado trabalha com a cultura e como ela influencia na vida das pessoas e em diversas áreas de conhecimento, como nas artes, por exemplo.	Parecido com o anterior, este livro também enfatiza mais os conceitos e as classificações do que necessariamente os filósofos. Apesar de serem citados muitos deles, desde Agostinho até Epicuro, eles são trabalhados de forma bastante superficial, não aprofundando-se muito nas ideias de nenhum deles. De um modo geral, este livro é feito para que haja uma maior reflexão a respeito dos assuntos

					trabalhados.
6 / 5 / 98 á 120	ÉTICA	Violência	Conceito de violência, violência no Estado (totalitarismo e autoritarismo), direitos humanos	Este livro trouxe aspectos positivos no que diz respeito aos contextos históricos citados, os temas trabalhados, por ter abordado figuras femininas dentro da Filosofia, etc.	Apesar de ter uma perspectiva histórica muito boa, isso ao mesmo tempo torna-se um ponto negativo, já que os pensadores não foram bem trabalhados, além de não haver destaque a acontecimentos importantes relacionados ao tema, como a Revolução Francesa no que diz respeito aos Direitos Humanos. Somado a isso, alguns assuntos importantes que se encaixam na temática, como racismo, sexismo e LGBTfobia, são citados superficialmente ou nem são.

Dessa maneira, foi realizada posteriormente uma leitura com mais profundidade e discutidos pontos relevantes para a análise proposta. A elaboração do quadro anterior contribuiu para que se tivesse uma certa noção do que buscar e de possíveis discrepâncias nos textos, além de comprovar se o que foi analisado se efetua a partir de uma observação mais profunda e crítica. Além disso, os colaboradores/as do projeto também realizaram uma vistoria, participando em reuniões na escola, na UFPB, e via meet ou zap, o que possibilitou a troca de informações entre os pesquisadores/as durante os encontros, normalmente realizados quinzenalmente na escola.

Conclusão

Através da elaboração do quadro de informações construído na fase inicial da pesquisa, já foi possível deduzir algumas coisas que foram comprovadas a partir da leitura mais aprofundada, como o fato da editora, em alguns dos livros, focar mais em aspectos sociológicos e históricos do que necessariamente filosóficos, como ocorre no livro *Trabalho, Ciência e Tecnologia*, na página 16, em que é discorrido um pouco sobre o lazer.

Embora o objetivo da pesquisa foi focar na questão da interdisciplinaridade, ou seja, tentar estabelecer uma relação e um diálogo entre os componentes das Ciências Sociais e Humanas aplicadas, a forma como ocorre acaba por conceder uma maior visibilidade à História e a Sociologia, apagando ou não dando atenção o suficiente aos aspectos filosóficos, como a maneira superficial que alguns filósofos são trabalhados, podendo ser citado como exemplo o filósofo Hans Jonas, responsável por desenvolver uma importante linha de raciocínio envolvendo o meio ambiente, presente no livro *Natureza em transformação*.

Suas ideias não são bem desenvolvidas, e isso ocorre também com outros pensadores ao longo dos seis volumes do material, como com o espanhol Emílio Martínez. Associado a isso, também podemos destacar alguns trechos em que é difícil a compreensão, apesar da linguagem acessível. Há muitos termos dentro da investigação filosófica que não são explicados de forma adequada, embora haja a apresentação do significado na página.

Apesar disso, o material também apresenta alguns pontos positivos que merecem destaque. Os livros fazem boas exemplificações, no sentido de relacionar as ideias de um filósofo com o cotidiano, como ocorre no livro *Globalização, Emancipação e Cidadania*. Para explicar sobre a ideia do existencialismo de que a existência precede a essência, ele utiliza uma mesa, que é um objeto cotidiano, para explicar conceitos filosóficos de difícil compreensão (este exemplo pode ser verificado na página 139, do Volume *Globalização, Emancipação e Cidadania*).

Além disso, o livro também dá destaque a filósofas em seus livros, trazendo suas ideias e suas contribuições para o pensamento filosófico. Apesar do não aprofundamento em quantidade de registros, é um avanço ao demonstrar o importante papel feminino dentro desse campo, sendo representadas por Hannah Arendt, Simone de Beauvoir e Angela Davis, além de também citar a filósofa brasileira Marilena Chauí.

Para finalizar, o material didático também fornece visibilidade para pensadores não tradicionais e contemporâneos, como os italianos Norberto Bobbio e Giorgio Agamben, além de trazer também ideias da filosofia africana, o que não é muito comum nos materiais

didáticos. Também sem um aprofundamento desejado, mas deve ser enfatizado que esse é um importante passo para que filósofos como o expoente congolês Jean-Bosco Kakozi Kashindi tenham seus trabalhos cada vez mais conhecidos, divulgados e acima de tudo, valorizados.

A experiência da filosofia como disciplina no ensino médio agoniza, mas ainda em situação vigente, apresenta práticas que busca desenvolver o conhecimento humano pelo caminho da reflexão, da crítica e enfatizando o raciocínio lógico, a formação de conceitos com vistas à formação autônoma do cidadão.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. **PNLD 2021: Filosofia – guia digital de livros didáticos – Ensino Médio/Ministério da Educação**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2021. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192> Acesso em 06 de fevereiro de 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, dezembro de 2018. Disponível em: <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em 19 de abril de 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.415/2017**. Altera as Leis 9.394/96 que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional e 11.494/07 que regulamenta o FUNDEB e dá outras providências, 2017b. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2017/lei-13415-16-fevereiro-2017-784336-publicacaooriginal-152003-pl.html>. Acesso em 20 de abril de 2024.

BRASIL. **Lei 11.684/2008**. Altera o art. 36 da Lei no 9.394/96 estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para incluir a filosofia e a Sociologia como disciplinas obrigatórias nos currículos do ensino médio. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2008/lei/11684.htm Acesso em 20 de abril de 2024.

BRASIL, Ministério da Educação. **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação: Programa do Livro Didático**. [Brasília]: MEC, [2023?]. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-do-livro>. Acesso em: 30 abr. 2023.

CERLETTI, Alejandro. **O Ensino de Filosofia como problema filosófico**. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

DEMO, Pedro. **Pesquisa: princípio científico e educativo**. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1992.

DEWEY, John. **Teoria da vida moral**. São Paulo: Abril Cultural, 1985. (Os Pensadores).

GALLO, Silvio e KOHAN, W. O. (orgs). **Filosofia no ensino médio**. Petrópolis: Vozes, 2000.

RODRIGO, Maria Rodrigo. **Filosofia em sala de aula: teoria e prática para o ensino médio**. Campinas, SP: Autores Associados, 2009.

ROMEIRO, J., APOLINÁRIO, M. R., MELANI, R., JUNQUEIRA, S.L. **Diálogo: ciências humanas e sociais aplicadas : manual do professor**, 1. ed. -- São Paulo: Moderna, 2020.

Disponível em:

[file:///C:/Users/Windows/Downloads/FP_0200P21204_1_MP_PDF_CARAC%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Windows/Downloads/FP_0200P21204_1_MP_PDF_CARAC%20(1).pdf)

Acesso em 06 de fevereiro de 2024.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações**. São Paulo: Atlas, 1994.

The text is centered within a horizontal teal brushstroke that has a textured, hand-painted appearance. The background of the page features a large, light green abstract shape on the left and a soft yellow gradient on the right.

CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

O IMPACTO DA ORGANIZAÇÃO FEMINISTA NA COBERTURA JORNALÍSTICA PARAIBANA E NACIONAL DO CASO DE FEMINICÍDIO “PAMELA BESSA”

Luana Lacerda¹; Ricardo Lellis²; Glória Rabay³

Resumo

Registrado em pesquisa anterior, o feminicídio de Pamela Bessa, no Sertão da Paraíba, desencadeou uma série de protestos feministas pioneiros na região, impactando na cobertura da mídia local e aprofundando o debate sobre violência de gênero. Este plano de trabalho buscou examinar a representação desse feminicídio na cobertura estadual e nacional para verificar se as ações do movimento feminista também influenciaram a repercussão do caso no âmbito estadual e nacional. Serão analisados o telejornal “Bom dia Paraíba”, da TV Cabo Branco, e o “Cidade Alerta”, da TV Record. Observou-se que o ativismo feminista foi monitorado pela produção do telejornal estadual, gerando repercussão estadual por meio de suítes. Levanta-se a hipótese de que a repercussão local e estadual, impulsionada pelos protestos e denúncias do movimento feminista, influenciou o alcance nacional do caso, resultando em uma telereportagem de 15 minutos na TV Record, mesmo um mês após o crime.

Palavras-chaves

Feminicídio. Mídia. Movimento Feminista. Análise do Discurso.

Este artigo é resultado de mais de três anos de dedicação à iniciação científica, voltados à pesquisa sobre a temática das narrativas jornalísticas acerca dos casos de feminicídios no Estado da Paraíba. Especificamente, trata-se uma adaptação do relatório final de um dos planos de trabalho do projeto “O feminicídio nas narrativas telejornalísticas paraibanas”, sob orientação da professora Glória Rabay, que recebeu o prêmio Jovem Pesquisador ao ser apresentado no Encontro de Iniciação Científica (ENIC) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em 2023. Estes resultados não seriam possíveis sem o acúmulo construído nas reuniões de pesquisa, no qual nos voltamos a refletir sobre jornalismo e a reprodução social da violência de gênero.

A violência contra as mulheres ao longo da história é um fenômeno de longa data, que transcende séculos e até mesmo diferentes estruturas econômicas. Seja denominado patriarcado ou relações de gênero, este problema persiste e ganha força na modernidade. Os

¹ luablacerda@gmail.com

² riccchys@outlook.com

³ gloria.rabay@gmail.com, O Feminicídio nas Narrativas telejornalísticas Paraibanas/O impacto da organização feminista na cobertura jornalística paraibana e nacional do caso de feminicídio “Pamela Bessa”, 83 8813-8938, atendimento@cnpq.br.

femicídios são apenas uma manifestação direta desse fenômeno, representando sua forma mais extrema: a punição com a morte dos corpos femininos.

Assim como outras formas de violência que permeiam a estrutura da sociedade brasileira, a sua perpetuação ocorre principalmente por meio das instituições, corporações e dos aparelhos ideológicos do Estado, infiltrando-se nas nossas relações pessoais. Nesse contexto, a mídia desempenha um papel significativo na manutenção e reprodução desses problemas como agente ideológico. No que diz respeito aos feminicídios, frequentemente contribui para eles ao oferecer justificativas baseadas em estereótipos que culpabilizam as vítimas

A legitimação e naturalização das desigualdades sociais e de gênero ocorrem por meio da “representação do mundo social (e, em particular, da política) feita pela mídia (e, em particular, pelo jornalismo) que contribui para perpetuar tal desigualdade” (Miguel; Biroli, 2011, p.12). Isso resulta na manutenção de cenários de violência. Podemos, assim, falar no exercício de uma pedagogia da crueldade, na qual a mídia instrui a sociedade a não demonstrar empatia pela vítima (Segato, 2016). Além disso, a maioria das reportagens tende a ser fragmentada e pontual, sugerindo que os feminicídios são eventos isolados (Thurler, 2017).

A mídia não é imparcial, aquém dos interesses de determinados grupos da sociedade, contrariando a noção sugerida pela ideologia hegemônica, para a qual o “jornalismo sério” deve ser imparcial e objetivo. As relações de poder na sociedade ampliam as disparidades nas oportunidades de participação no debate público, como ser ouvido e ser representado pelos meios de comunicação. A mídia também “seleciona, interdita ou inclui falas nesse debate. Assim, em uma sociedade marcada pelas estratificações e misoginias, a palavra da mulher tem menor valor do que a palavra masculina, diante de um Estado patriarcalizado e repatriarcalizado” (Thurler, 2017, p. 5). Dessa forma:

O que ganha espaço no debate público e o que é condenado ao silêncio está condicionado — no caso da violência contra a mulher e os feminicídios — à hierarquia entre os sexos, à estratificação entre o público e o privado. A despolitização dos feminicídios ameniza o sentido radical de dominação masculina sobre a vida, tanto por meio dos espaços de liberdade de escolha, quanto pelos espaços a que as mulheres estão destinadas e têm sido também, histórica e socialmente, revestidos de menor valor (Thurler, 2017, p. 6).

As redes textuais e os textos, incluindo os jornalísticos, não operam em isolamento das dinâmicas afetivas, políticas, econômicas, culturais, ideológicas, e outras, presentes em uma determinada sociedade. Ao contrário, eles contribuem “para a criação, manutenção ou

superação dessas mesmas dinâmicas” (Gonçalves, Fonseca, Costa, Carvalho, 2021, p. 152). Assim como discutimos a natureza genérica da violência de gênero, onde mulheres são vítimas simplesmente por serem mulheres, podemos igualmente considerar um padrão comum e recorrente na forma como a mídia aborda esse fenômeno.

Em um projeto de iniciação científica anterior a este, intitulado “O feminicídio nas narrativas jornalísticas paraibanas (2022)”, foram examinadas as representações dos casos de feminicídio ocorridos no Sertão da Paraíba durante o ano de 2020, com foco no veículo de comunicação Portal Diário do Sertão. Durante esta análise, constatou-se o protagonismo do movimento feminista na capacidade de forçar um debate mais aprofundado do problema. Em síntese, uma série de protestos feministas pioneiros na região, que foram desencadeados a partir do caso de Pamela Bessa, contextualizado mais adiante, influenciou a cobertura midiática local, promovendo um debate mais amplo sobre a violência de gênero nas reportagens jornalísticas.

Como resultado desse projeto, o estudo intitulado “Regularidades discursivas dos casos de feminicídio no Diário do Sertão” (2022), publicado na Revista Pragmatizes, identifica que o ativismo das mulheres temporariamente alterou a abordagem adotada pelo jornalismo local, que geralmente retrata os feminicídios como simples “homicídios”, desprovidos de contexto dentro do cenário mais amplo de violência contra mulheres. O movimento feminista colocou em destaque tanto os próprios protestos quanto questões relacionadas à violência doméstica e à impunidade dos agressores.

Diante desse contexto, o propósito desta pesquisa foi investigar a representação do mesmo caso de feminicídio na cobertura estadual e nacional, a fim de avaliar se as ações do movimento feminista também influenciaram a abordagem jornalística do caso como na mídia local. Para isso, foram analisados o telejornal matinal de maior audiência no estado, bem como a cobertura nacional apresentada no telejornal da TV Record.

Em outras palavras, o objetivo deste trabalho foi analisar os modos de organização do discurso e os modos de endereçamento dos programas telejornalísticos ‘Bom dia Paraíba’ e ‘Cidade Alerta’ que trataram do caso de feminicídio Pamela Bessa, bem como dos protestos dele decorrentes, ocorrido em 2020 no Sertão da Paraíba.

Fundamentação teórica

O texto “Femicide” de Jane Caputi e Diana Russell, publicado nos anos 1990 nos Estados Unidos, é considerado a primeira fonte na formulação do termo feminicídio, conforme o entendemos atualmente.

O feminicídio representa o extremo de um continuum de terror anti-feminino e inclui uma ampla variedade de abusos verbais e físicos, tais como estupro, tortura, escravidão sexual (particularmente por prostituição), abuso sexual infantil incestuoso ou extra-familiar, agressões físicas e emocionais, assédio sexual (por telefone, nas ruas, no trabalho e na escola), mutilação genital (clitoridectomias, excisão, infibulações), operações ginecológicas desnecessárias (histerectomias não justificadas), heterossexualidade forçada, esterilização forçada, maternidade forçada (por criminalização da contracepção e do aborto), psicocirurgia, negação de comida para mulheres em algumas culturas, cirurgia plástica e outras mutilações em nome do embelezamento. Sempre que estas formas de terrorismo resultam em morte, se transformam em feminicídios (Caputi; Russell, 1992, s/n).

A discussão foi incorporada por autoras mexicanas, que a utilizaram “para denunciar a existência de feminicídios em Ciudad Juárez, cidade fronteiriça ao norte do país” (Gomes, 2018, p. 1). Posteriormente, essa categoria se disseminou por toda a América Latina. Segundo a autora Rita Segato (2012), dentro da teoria do feminicídio, o ódio direcionado às mulheres é explicado como uma consequência da violação das duas leis do patriarcado: a norma de controle ou posse sobre o corpo feminino e a norma da superioridade masculina.

(...) la reacción de odio se desata cuando la mujer ejerce autonomía en el uso de su cuerpo descatando reglas de fidelidad o de celibato– la célebre categoría de “crímenes contra la honra” masculina- , o cuando la mujer accede a posiciones de autoridad o poder económico o político tradicionalmente ocupadas por hombres, desafiando el delicado equilibrio asimétrico. E estos casos, los análisis indican que la respuesta puede ser la agresión y su resultado la muerte. (...) En este sentido, los crímenes del patriarcado o feminicídios son, claramente, crímenes de poder, es decir, crímenes cuya dupla función es, en este modelo, simultáneamente, la retención o manutención, y la reproducción del poder (Segato, 2012, p. 4).

Embora fundamental, a categoria analítica “gênero” revela-se insuficiente para compreender plenamente a dinâmica funcional dos feminicídios. Isso porque a maioria desses assassinatos são de mulheres negras e pobres, sugerindo que “o gênero tem que ser redefinido e reestruturado em conjunção com uma visão de igualdade política e social que inclui não só o sexo, mas também, a classe e a raça” (Scott, 1990, p. 39).

No Brasil, até recentemente, não tínhamos uma legislação penal que contemplasse a especificidade dos assassinatos de mulheres. No entanto, em 9 de março de 2015, foi sancionada a Lei 13.104/15, que modificou o artigo 121 do Código Penal Brasileiro, passando a considerar o feminicídio como circunstância qualificadora do crime de homicídio, e incluindo-o no rol de crimes hediondos (Barros; Silva, 2019, p. 10).

Desde a entrada em vigor da lei, o número de feminicídios vem aumentando progressivamente. Em 2022, atingiu o ponto mais alto na série histórica do Monitor da Violência, do G1, e do Fórum Brasileiro de Segurança Pública. Neste ano, pelo menos 1.410 mulheres tiveram suas mortes qualificadas como feminicídio. Paralelamente, também cresceu o número de mulheres vítimas de homicídio, passando de 3.831, em 2021, para 3.930, em 2022. Na Paraíba, a taxa de homicídios de mulheres por 100 mil habitantes é de 4,1, acima da média nacional, que é de 3,6.

Metodologia

O estudo foi dividido em três etapas: 1) revisão bibliográfica, 2) coleta de material e 3) análise dos discursos jornalísticos. Na revisão bibliográfica, buscou-se aprofundar o debate sobre os principais conceitos envolvidos, tais como movimento feminista, violência de gênero, feminicídio, relações de gênero, enquadramento jornalístico, manipulação da informação, discursos, direitos da mulher e interseccionalidades.

Na segunda etapa, foram utilizadas diferentes estratégias para localizar e reunir o material de análise. A reportagem do Cidade Alerta foi encontrada online¹, enquanto as reportagens da TV Cabo Branco foram filtradas através da plataforma GloboPlay² e examinadas com o método de Análise de Discurso (AD). Além disso, a análise contou com a entrevista do repórter Artur Lira, da TV Cabo Branco, que cobriu o acontecimento. Na terceira etapa, a análise foi realizada utilizando os dispositivos analíticos do discurso.

A Análise do Discurso (AD) é a metodologia empregada neste estudo. Esse método toma o discurso como objeto, analisando como a língua toma sentido de acordo com as posições discursivo-ideológicas. Pêcheux (2012) traz alguns conceitos que auxiliam a análise com base na sua teoria da ideologia. Para o autor, os sujeitos do discurso são sujeitos interpelados pela ideologia, isto é, constituídos por ela. A ideologia, aqui, funciona como aquilo que fornece as “evidências” do mundo e das coisas.

Em outras palavras, os sujeitos compartilham de um arcabouço simbólico de sentidos. É dessa forma que há uma ligação entre as palavras e as coisas, e não uma relação de transparência entre elas. É de acordo com essas formações ideológicas que formações discursivas aparecem pelo discurso na comunicação. Assim, temos posições demarcadas pelos sujeitos em suas inscrições ideológicas, analisáveis por meio de enunciados. Pêcheux (2008) aponta que a análise acontece numa alternância entre a descrição e a interpretação.

Nesse sentido, para fins práticos, num primeiro momento analisamos os fenômenos discursivos, aquilo que pode ser descrito e problematizado sob uma perspectiva crítica da mídia e feminista. No segundo momento, sistematizamos as problemáticas de acordo com as regularidades observadas, isto é, aqueles fenômenos problematizados e que perpassam a estrutura discursiva do veículo midiático. Na busca pela regularidade, nos baseamos nos seguintes questionamentos metodológicos: a) que enunciados são selecionados? b) quem são as fontes?; c) como se explicam os assassinatos?; d) que silenciamentos existem?

Resultados e discussões

Caso Pamela Bessa

No caso de Pamela Bessa, o crime ocorreu na cidade de Poço José de Moura, localizada no alto Sertão Paraibano. Com uma população de aproximadamente 4.366 habitantes, conforme dados do IBGE de 2021, o município abrange uma área territorial de 100,971 km².

Pamela do Nascimento Bessa era uma mulher negra, com ensino fundamental completo e mãe de dois filhos. Devido à desestruturação familiar, que a deixou sozinha na Paraíba quando sua família partiu para São Paulo, Pamela se viu obrigada a recorrer à prostituição para garantir sua subsistência, além de trabalhar como diarista. Abandonou essa atividade para se casar duas vezes, mas em ambos os matrimônios foi vítima de violência doméstica.

Seu último marido, Hélio José de Almeida Feitosa Batista, é o responsável por sua morte. Pamela estava grávida de cinco meses quando foi assassinada em 07 de setembro de 2020. De acordo com a perícia policial, Pamela foi brutalmente espancada até a morte por seu esposo Hélio, que, após o crime, levou seu corpo ao hospital, alegando que ela desmaiou devido a dores de cabeça. Entretanto, o médico legista identificou lesões no corpo da vítima e alertou as autoridades policiais.

Hélio foi conduzido à delegacia para prestar depoimento, mas foi liberado logo em seguida pelo delegado de plantão, o que gerou intensos questionamentos por parte da população. As pessoas queriam compreender por que a autoridade não ordenou a prisão em flagrante do suspeito. Esse fato tornou-se ainda mais controverso quando, no dia seguinte, um mandado de prisão foi emitido para Hélio, que já havia fugido.

A percepção difundida entre os habitantes da pequena cidade, alimentada por áudios vazados da família de Hélio através do WhatsApp, sugeriu que sua fuga foi facilitada por

uma figura policial local, que mantinha laços de parentesco com o suspeito. Embora não tenha sido formalmente confirmado judicialmente, uma das demandas dos protestos subsequentes foi a responsabilização da autoridade de segurança, manifestada através de abaixo-assinados e intervenções na Câmara de Vereadores da cidade. De maneira discreta, ele foi afastado de suas funções e posteriormente transferido para atuar em outra localidade.

O caso de Pamela foi o catalisador dos primeiros movimentos de protesto contra o feminicídio no Alto Sertão Paraibano. Mulheres de Poço José de Moura e dos arredores estabeleceram um coletivo feminista denominado “Mulheres a Bessa”, em homenagem a Pamela, visando organizar manifestações que exigissem justiça para o caso, assim como medidas eficazes contra a violência doméstica.

O maior protesto relacionado a esse caso de feminicídio ocorreu em 20/09/2020, quando, em plena pandemia de covid 19, aproximadamente 150 mulheres ocuparam a praça pública de Poço José de Moura, gerando uma significativa repercussão regional. É inegável que essa pressão popular impulsionou uma investigação rigorosa do caso, resultando na prisão do acusado três meses após o crime, em uma operação conjunta da polícia civil de Cajazeiras com as autoridades policiais do Estado de São Paulo, onde Hélio foi identificado e detido. Em setembro de 2022, ele foi condenado a 42 anos de prisão.

O estudo deste caso é importante dada a compreensão do impacto do movimento feminista e do caráter genérico do crime feminicídio, ou seja, do assassinato de mulheres por sua condição feminina nas relações sociais de gênero. Como assinala a autora Rita Segato (2012), em tradução livre, “todo e, qualquer crime de gênero tem uma dimensão de impessoalidade e antagonismo genérico que emana da estrutura de poder hierárquica e patriarcal” (Segato, 2012, pág. 5).

Esta estructura, a la que denominamos “relaciones de género”, es, por sí misma, violentogénica y potencialmente genocida por el hecho de que la posición masculina sólo puede ser alcanzada—adquirida, en cuanto estatus— y reproducirse como tal ejerciendo una o más dimensiones de un paquete de potencias, es decir, de formas de dominio entrelazadas: sexual, bélica, intelectual, política, económica y moral (Segato, 2012, pág. 5).

Para a autora, mesmo a agressão do marido com a esposa implica “a suspensão de qualquer outra dimensão pessoal do vínculo para dar origem a um afloramento da estrutura genérica e impessoal de gênero e seu mandato de dominação” (Segato, 2012, pág. 6), também em tradução livre. Desta forma, compreende-se Pamela como uma mulher genérica, x, y ou z, cuja morte não está relacionada a atributos pessoais ou individualizantes, mas a uma estrutura de relações sociais de gênero.

Análise - ‘Bom dia Paraíba’

A primeira vez que o caso foi noticiado pela Rede Paraíba de Comunicação foi em formato de “ao vivo” no telejornal Bom Dia Paraíba, no dia 8 de setembro de 2020⁴, na manhã do dia seguinte ao acontecimento. A tarja foi “*VÍTIMA ESTAVA GRÁVIDA: Mulher morre depois de sofrer agressões e o suspeito é o companheiro*”. A apresentadora realizou a chamada de cobertura e o repórter entrou com mais informações. Sua entrada foi gravada em frente a uma delegacia em Campina Grande, cidade da filial Tv Paraíba, responsável por cobrir os acontecimentos do interior do estado. Em seguida, retornou à apresentadora, que comentou um pouco mais o caso. No total, o produto teve uma duração de dois minutos e 44 segundos.

Embora Hélio tenha sido apontado como principal suspeito, em nenhum momento o termo “feminicídio” foi utilizado. Na matéria, o principal destaque foi atribuído ao fato de que Pamela estava grávida. Ao se referir ao caso, na chamada da cobertura, a apresentadora anunciou: “As primeiras informações que a gente tem é que a mulher tinha 28 anos, teria sido agredida pelo ex-companheiro e *pior, minha gente, ela estava grávida!*”. Isso ficou ainda mais evidente quando, na retorno à apresentadora, ela enfatizou: “*Ela estava grávida, destruiu toda a família*”. Nesse sentido, há um apelo de sensibilidade ao caso através do discurso implícito de “proteção à família”.

Diferente do repórter, a apresentadora chegou a falar em violência contra a mulher (“*mais um caso de violência contra a mulher*”) e, de forma mais geral, no ciclo de violência doméstica (“*quando chega um caso desse de morte, de assassinato, é porque havia outros sinais acontecendo*”). Essa diferença pode ser explicada pela própria subjetividade e experiência feminina da apresentadora, que lhe confere maior sensibilidade para abordar o tema quando comparado com seu colega de profissão.

Simultâneo a isso, ainda, pode-se interpretar que o discurso do jornal produz um sentido dominante de cobrança por punitivismo: “e é por causa dessa impunidade, Arthur Lira, que casos assim, de violência contra a mulher, continuam a acontecer”. Embora aponte para uma prática recorrente, o telejornal se furtou à oportunidade de contextualizar e elucidar dados e índices de feminicídios no estado, de divulgar o número do telefone do “disque

⁴ Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/8839017/>

denúncias” ou informar acerca de órgãos públicos que atendem mulheres em situação de violência, configurando uma certa política de silenciamento (ORLANDI, 2007).

Como já demonstrado na dissertação ‘Hoje, se espremer o espelho, sai sangue’ (2018), em que se analisou a cobertura de sete casos de feminicídios pelos telejornais da emissora, foi constatado que é a mensagem e o objetivo geral das matérias geralmente é o punitivismo: “No caso de feminicídios, no qual a situação já chegou ao extremo, o objetivo é incentivar que os telespectadores ajudem a polícia a encontrar o suspeito. Mas não é incomum oferecer serviço algum” (Paz, 2018, p. 62).

A construção discursiva do acontecimento como “um crime horrendo” pelo fato de a vítima estar grávida e a existência de um apelo à efetiva punição do assassino supõe o isolamento do caso, despolitizando o fenômeno e retratando o problema como pontual, ao invés de uma epidemia. Assim, provocando esse distanciamento, pode-se culpar e punir o indivíduo sem pensar criticamente em suas causas sociais.

Além do mais, há algo particular que denota a influência das ações feministas nessa cobertura. Em sua fala, o repórter destacou: *“agora, o que chama atenção nesse caso, Denise, é que o suspeito [...] prestou depoimento e foi liberado [...], mesmo com o relato dos vizinhos, [...] mesmo com o relato do médico [...] mesmo após a morte dessa mulher”*. Coincidentemente, esse discurso questionador em relação às autoridades é o mesmo elaborado pela população local, fator que demonstra o alcance da revolta e protestos organizados pelas mulheres do sertão paraibano, conforme confirmado em entrevista com o repórter.

Na época, logo nos primeiros protestos nós recebemos vídeos de redes sociais que mostravam mulheres na rua protestando com cartazes na mão. Também acompanhamos quando ele foi preso, no estado de São Paulo. Também continuamos acompanhando o caso e o julgamento dele, quando ele foi condenado (mensagem enviada em 10/032023).

Quando questionado se a população e os protestos podem ser considerados fontes indiretas da sua reportagem, o repórter confirmou a ideia:

Com certeza sim. O jornalismo tem um papel social de informar. Tudo aquilo que é relevante para o conhecimento da sociedade tem o caminho para pautas. Quando protestos são realizados, ali está presente uma comunidade; uma representação; um grupo que necessita ser escutado (mensagem enviada em 10/032023).

Apesar de aparecerem como fonte indireta, os protestos organizados pelas feministas não aparecem no texto do repórter, nem inicialmente, nem posteriormente. Também não há imagens das manifestações ou fala das ativistas. A única fonte ouvida e reproduzida pela

reportagem foi a polícia, o que reforça o silenciamento da cobertura em relação ao movimento feminista.

Uma semana após o ocorrido, em 16 de setembro⁵, foi ao ar uma reportagem com a tarja: “*ASSASSINATO NO SERTÃO: Polícia revela que principal suspeito de matar grávida é o companheiro dela*”. Não é comum que um caso de feminicídio seja desdobrado no jornalismo televisivo tradicional, o que evidencia a repercussão estadual do caso Pamela Bessa. Esta reportagem possui uma duração mais longa, aproximadamente seis minutos. Diferentemente do primeiro material, inclui imagens locais captadas na cidade de Pamela, especialmente da casa onde ela residia com seu marido. Além disso, foram exibidas fotografias da vítima e do acusado.

A reportagem trouxe os detalhes do crime por meio de uma coletiva de imprensa conduzida pelo delegado encarregado do caso. No geral, o conteúdo reitera a demanda pela prisão de Hélio e pela busca da justiça no caso. O repórter enfatiza:

O suspeito chegou a ser levado para a delegacia, prestou depoimento, mas foi liberado, mesmo com esses relatos [vizinhos relatam agressões anteriores]. No dia, o delegado disse que não poderia tomar uma decisão precipitada. Agora, uma semana depois [entonação de ironia], com o suspeito já foragido, a polícia civil deu uma entrevista para confirmar as suspeitas que foram apontadas desde o início (Artur Lira, em 14/09/2020).

Em seguida, as declarações (sonoras) do delegado foram reproduzidas, nas quais argumentava que não houve prisão em flagrante devido à ausência de testemunhas da violência. A partir daí, a reportagem passou a se referir a Hélio como foragido da justiça e ofereceu um número para denúncias à polícia: “*Quem tiver informações que ajudem a polícia a encontrar Hélio José de Almeida Feitosa pode ligar para os números 190 da polícia militar ou 197 da polícia civil*”.

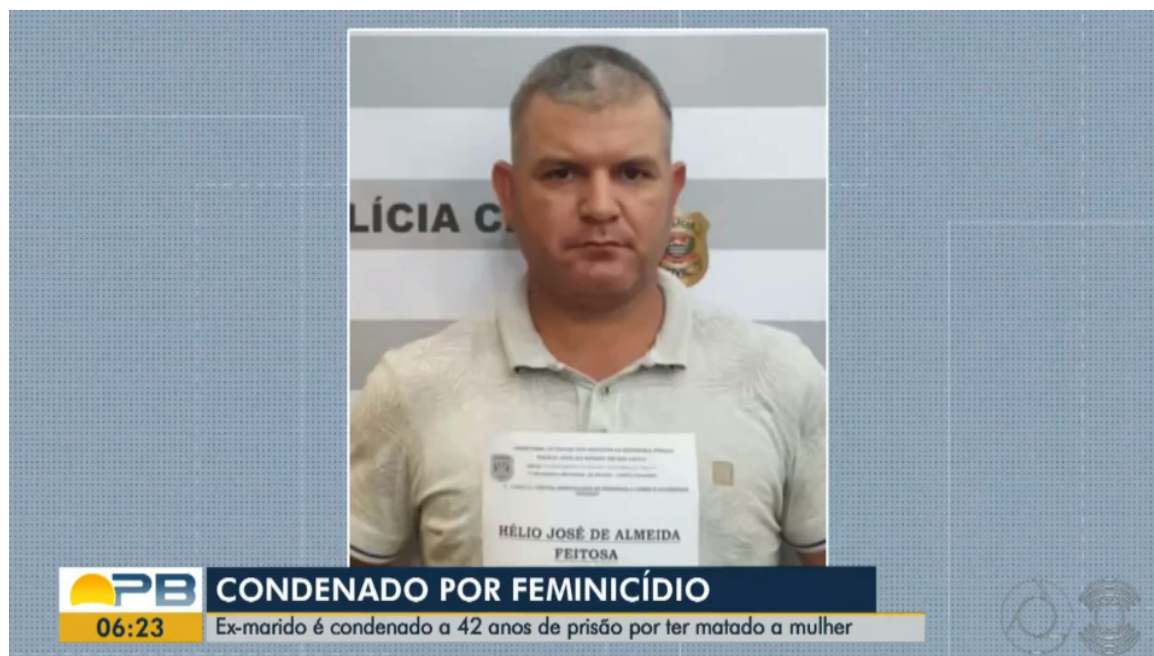
Parece plausível afirmar que a “pressão jornalística” reflete diretamente a pressão popular vigente no período do crime, considerando os desdobramentos da cobertura e a incorporação indireta das demandas manifestadas nos protestos. Essa mesma dinâmica foi observada na mídia local em uma pesquisa anterior. No Portal Diário do Sertão, por exemplo, foram publicadas 13 matérias somente até o mês de outubro de 2020, o que contrasta com outras coberturas de feminicídios que costumam receber, em média, apenas uma ou duas reportagens, havendo casos em que sequer foram noticiados no mesmo ano. (Lacerda, Lellis, Rabay, 2023).

⁵ Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/8860047/>

Ademais, o termo “feminicídio” foi mencionado duas vezes. Primeiro, na declaração do delegado: “o caso da Pamela Bessa é um caso típico de feminicídio”. Em seguida, no retorno à fala da apresentadora: “a gente não pode se calar e achar que é só mais um caso de feminicídio”. O termo não foi explicado ou contextualizado, e em nenhum momento foi mencionado no *off* do repórter. Mais uma vez, não houve entrevista com familiares ou militantes feministas. Não foram apresentados dados sobre de violência de gênero no estado, nem órgãos de atendimento às vítimas de violência.

Outra reportagem foi ao ar no dia seguinte à condenação de Hélio, em 21/09/2022⁶. No formato *stand-up*⁷, o repórter Hebert Araújo estava posicionado em uma área externa da própria emissora. As fotografias da vítima e do agressor foram apresentadas, com a imagem de Hélio na delegacia recebendo maior destaque e tempo de exibição, para sugerir que “a justiça foi feita” (figura 1). O material teve duração de um minuto e 24 segundos e na tarja estava escrito: “CONDENADO POR FEMINICÍDIO: ex-marido é condenado a 42 anos de prisão por ter matado a mulher”.

FIGURA 1 - Fotografia de Hélio na prisão é exibida



⁶ Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/10953902/>

⁷ Formato jornalístico onde o repórter geralmente está de pé (daí o termo "stand-up") em frente ao local onde ocorreu o evento ou onde está ocorrendo a notícia.

Fonte: reprodução Bom dia Paraíba / GloboPlay

Os padrões identificados anteriormente persistiram: destaque para o fato de que Hélio não foi preso em flagrante; falta de dados sobre feminicídios/violência contra mulheres e de informações sobre linhas diretas de segurança, como o disque-denúncia, ou serviços de apoio às mulheres em situações de violência. Não houve contribuições das ativistas. Embora o termo ‘feminicídio’ seja mencionado em alguns momentos, não foi contextualizado com um cenário de alto índice de violência contra a mulher.

Análise - ‘Cidade Alerta’

Dos sete casos de feminicídio registrados em 2020 no Sertão, apenas o caso de Pamela Bessa ganha repercussão nacional ao ser transmitido pelo telejornal “Cidade Alerta”, da Rede Record, em seis de outubro de 2020⁸, um mês após o crime e os protestos locais. A reportagem surpreende pela sua duração de 15 minutos.

O termo ‘feminicídio’ foi mencionado apenas uma vez, sem contextualização. Não foram apresentadas fontes especializadas sobre violência doméstica e de gênero, e as ativistas não foram entrevistadas. Não foram fornecidos números de órgãos de atendimento e disque-denúncia, tendo sido disponibilizado apenas o número da Polícia Militar. Não houve menções aos protestos realizados na cidade. O mais próximo disso foi uma entrevista com a irmã de Pamela, Bruna, realizada por vídeo chamada, enquanto estava no interior da Paraíba para acompanhar o processo e participar das ações das mulheres. Sua participação visava fornecer uma ‘atualização do caso’.

O texto na tarja é “*Grávida é morta: choro é falso*”, com um claro apelo à dramaticidade. A expressão “o choro é falso” sugere uma pessoa dissimulada, com desvio de

⁸ Disponível em <https://www.dailymotion.com/video/x7wnypo>

caráter, o que é problemático considerando que a violência perpetrada por Hélio não foge à regra de uma sociedade estruturalmente misógina. Seguindo a linha de raciocínio de Segato, a agressão masculina é uma forma de restabelecer a economia simbólica do poder, “a resposta pode ser a agressão e seu desfecho a morte. A intenção de matar ou simplesmente ferir e fazer sofrer não faz diferença: nessa perspectiva, às vezes o feminicídio não é um resultado deliberadamente buscado pelo agressor” (Segato, 2006).

No início da reportagem, foi destacado: “Pamela tinha 29 anos e era mãe de três filhos. Uma paraibana doce, educada e carinhosa”, numa tentativa de construir empatia moral pela vítima, enquadrando Pamela em um estereótipo sexista de “boa mulher”. No entanto, isso representa mais uma forma de violência simbólica de gênero. Para reforçar essa imagem, são exibidas imagens de Pamela ao lado dos filhos e de sua recuperação da Covid-19. O repórter declarou que “*Pamela conseguiu livrar-se da doença (covid-19), mas não da maior ameaça que sofria: o feminicídio, cometido pelo namorado*”. A reportagem trouxe os relatos da mãe, que afirmava que Pamela vinha sofrendo agressões constantes do marido, mas a narrativa a responsabiliza, concentrando-se em seu suposto *fracasso* em se libertar da violência, o que a culpa por sua própria morte.

Essa culpabilização foi construída ao longo da reportagem por meio de enunciados como: “Mas, infelizmente, a Pamela teria perdoado o companheiro e voltado para casa”; “mesmo sendo agredida diariamente, Pamela não conseguiu viver longe do namorado ciumento”; “ele ia embora, ela ia atrás, ele voltava. Às vezes era vice-versa”.

Além disso, a reportagem incluiu/ um trecho da entrevista com a mãe de Pamela, onde ela relata ter tentado intervir quando presenciou a filha sendo agredida por Hélio, ameaçando processá-lo. No entanto, Pamela teria dito: “se você der parte, eu falo que não é verdade”. Ao reproduzir essa informação sem contextualização sobre o ciclo vicioso da violência doméstica, o veículo responsabiliza Pamela de forma mais explícita do que os outros veículos estaduais e regionais estudados.

“Depois disso, ela falou pra uma outra pessoa que não adiantava ela dar parte dele porque ela gostava dele e ele falava que, se ela desse parte, quando ela voltasse, ele batia mais”. Repórter: “por isso a dona Maria acredita que a filha estava cega de amor.” (...)

“Dona Maria acredita que Pamela decidiu engravidar porque imaginava que o namorado pudesse mudar, esperava que o filho acalmasse o amor da vida dela, mas Hélio ficou ainda mais furioso. Pamela já havia engravidado antes, mas perdeu o bebê.”

(...) “Pamela até combinava de ir pra São Paulo, só que acabava perdendo o companheiro e o relacionamento voltava. Só que passavam alguns dias, e o Hélio novamente agredia a Pamela. A Pamela de novo dizia que viria para São Paulo, só

que sempre perdoava, sempre voltava o relacionamento porque o companheiro estava sempre prometendo mudar e dizendo que não iria mais agredi-la.”
(...) “Apesar de viver de ameaças, Pamela não gostava de recorrer a família, gostava de resolver os problemas sozinha. Entre ela e Hélio, o namorado agressor” (Mãe de Pamela em entrevista ao Cidade Alerta, em 6/10/2020).

O repórter questionou a mãe se ela acreditava que a filha viveu uma relação doentia, ao que ela respondeu afirmativamente, expressando: *“não tem condições de uma mulher sofrer tanta pancada de um homem e voltar com ele. Ela era doente, a palavra que eu tenho é isso aí, ela era doente por ele”*. Ao destacar essa declaração, o veículo despolitiza e patologiza o feminicídio, reduzindo-o a uma “exceção”, uma doença ou patologia, em vez de buscar sua explicação no contexto social, onde a violência é endêmica. Mais uma vez, a culpa é atribuída a Pamela, que foi retratada como doente por persistir na relação, apesar das ameaças.

Durante a reportagem, mãe e irmã acusaram Hélio de ser psicopata. Ao incluí-las na entrevista, o veículo ampliou as fontes, que geralmente se limitam à polícia ou outra autoridade legal em casos de feminicídio. Entretanto, o Cidade Alerta utilizou as declarações da família para construir 15 minutos de uma narrativa efetivamente despendida para culpabilizar a vítima. Nesse contexto, é importante ressaltar que a reportagem jornalística é um produto elaborado, gravado, editado e, portanto, a responsabilidade do discurso não recai sobre as fontes (como a mãe de Pamela), mas sim sobre o veículo que as interpela, seleciona, edita e transmite suas declarações.

A mensagem transmitida pela reportagem, além de culpar a vítima, foi um apelo à punição individual: “tomara que a polícia pegue esse cara”, declara o apresentador. Ao longo da transmissão, são exibidas imagens de Hélio com a mensagem de que ele era foragido da justiça.

Outro aspecto a ser destacado foi o uso de uma trilha sonora de suspense ao longo da reportagem, o que contribuiu para a espetacularização do crime. A música de suspense, comumente usada em filmes e programas de entretenimento para criar uma atmosfera de mistério e tensão, pode distorcer a percepção da realidade quando aplicada em notícias, sugerindo que os eventos são mais misteriosos ou perigosos do que problemas sociais complexos.

Embora não tenha sido possível entrevistar os profissionais envolvidos na produção, é possível levantar a hipótese de que a repercussão local e estadual do caso, impulsionada pelos protestos e denúncias do movimento feminista, culminou no alcance da repercussão nacional

do caso através do telejornal Cidade Alerta, resultando em uma reportagem de 15 minutos, mesmo um mês após o crime.

Considerações finais

Em ambas as coberturas analisadas, observa-se que o termo 'feminicídio' foi mencionado em alguns momentos, porém não foi devidamente contextualizado e incorporado na narrativa jornalística. Para que as coberturas sobre feminicídios cumpram efetivamente seu papel de conscientização da população, é fundamental que abordem o fenômeno de forma contextualizada, destacando sua correlação com um problema social que requer enfrentamento, além de divulgar os órgãos de assistência e apoio às mulheres em situação de violência.

No telejornal 'Bom Dia Paraíba', a repercussão local e os protestos liderados pelas mulheres de Poço José de Moura foram observados e acompanhados pela emissora, que abordou o caso em várias reportagens. No entanto, ao contrário do que ocorreu nos portais de notícias locais, o movimento feminista foi retratado de forma periférica, sem ser considerado uma fonte direta, o que reflete uma lacuna na representação das vozes das manifestantes. A predominância das fontes policiais na cobertura ressalta uma deficiência fundamental na abordagem jornalística de casos de feminicídio.

Por outro lado, no programa 'Cidade Alerta', a narrativa adotada, marcada pela dramatização e pelo estabelecimento de estereótipos de 'boa mulher', tende a culpar a vítima. A ausência de dados estatísticos sobre feminicídios e a omissão de informações sobre serviços de apoio às mulheres em situação de violência contribuem para uma cobertura jornalística inadequada. Em suma, ambas as coberturas revelam a necessidade urgente de aprimoramento na abordagem jornalística dos casos de feminicídio, destacando a importância da contextualização, da inclusão de vozes femininas e da divulgação de recursos de apoio para as vítimas.

Por fim, com base nos elementos apresentados, é possível afirmar que os protestos relacionados ao caso de feminicídio de Pamela Bessa contribuíram significativamente para sua repercussão em nível estadual e nacional.

6. REFERÊNCIAS

CAPUTI, J.; RUSSELL, D. E. H. Femicide: sexist terrorism against women. In: Radford, J.; Russell, D. E. H. Femicide: the politics of woman killing. New York: Twaine Publishers, 1992.

GONÇALVES, Juliana Soares; FONSECA, Maria Gislene Carvalho; COSTA, Verônica Soares; CARVALHO, Carlos Alberto de. Feminismos, colonialidades e violências contra mulheres em suas dimensões comunicacionais, [s. l.], 2021. Disponível https://revistaecopos.eco.ufrj.br/eco_pos/article/view/27596. Acesso em: 26 ago. 2023.

LACERDA, Luana Brito; LELLIS, Demerval Ricardo; RABAY, Glória. Regularidades discursivas dos casos de feminicídio no Diário do Sertão. PragMATIZES- Revista Latinoamericana de Estudos em Cultura, Niterói/RJ, Ano 13, n. 24, p. 75-98, mar. 2023.

MIGUEL, Luís Felipe; BIROLI, Flávia. Caleidoscópio convexo: Mulheres, política e mídia. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

ORLANDI, Eni. As formas do silêncio: no movimento dos sentidos. 6. ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2007.

PRADO, Débora; SANEMATSU, Marisa. Feminicídio: #InvisibilidadeMata. São Paulo: Instituto Patrícia Galvão, 2017.

PAZ, P. Hoje, se espremer o espelho, sai sangue”: etnografia da produção de notícias de feminicídio para o telejornal JPB 1º edição (PB). UFPB. João Pessoa, 2018.

THURLER, Ana Liési. Feminicídios na mídia e desumanização das mulheres. Revista Observatório, v. 3, n. 6, p. 1 out. 2017. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/4249/12562>.

Acesso em 22 de mai. de 2023 n.

SEGATO, Rita Laura. Femigenocidio y feminicidio: una propuesta de tipificación. Herramienta, Buenos Aires, 49, mar. 2012. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/HerramientaBuenosAires/2012/no49/10.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.

_____. Que es um feminicidio. Notas para un debate emergente. Em: Série Antropologia, n. 401. Brasília, 2006.

_____. Las estructuras elementales de la violencia: ensayos sobre género entre la antropología, el psicoanálisis y los derechos humanos. PROMETEO. 2002.

QUANTAS MÃOS TE MATARAM MULHER? ANÁLISE CRÍTICA SOBRE OS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO ÀS MULHERES EM SITUAÇÃO DE VIOLÊNCIA

Maria Helena Rodrigues Silva¹
Tatyane Guimarães Oliveira²

Resumo

Este trabalho está vinculado à pesquisa “Quantas mãos te mataram mulher? Análise sobre a responsabilidade do Estado na prevenção ao feminicídio”. O projeto investigou, à luz das perspectivas feministas da Lei Maria da Penha, a incidência das medidas protetivas de urgência na prevenção ao feminicídio, através da atuação de dois equipamentos de proteção às mulheres: a Patrulha Maria da Penha (Paraíba) e a Ronda Maria da Penha (João Pessoa). Para isso, realizamos pesquisa documental e entrevistas, analisando suas finalidades, princípios e os objetivos que os localizam nas atividades protetivas e preventivas da lei. Nota-se que os referidos equipamentos atuam de forma preventiva ao feminicídio ao garantir o cumprimento das medidas protetivas de urgência. Os dados levantados apontam para a incidência positiva de sua atuação na prevenção ao feminicídio em face da perspectiva feminista adotada e da especialidade relativa à efetividade de medidas protetivas de urgência solicitadas ou deferidas.

Palavra-chave: Feminicídio. Perspectiva feminista. Prevenção. Equipamentos de proteção.

Apresentação

O presente plano de trabalho, intitulado como “Quantas mãos te mataram mulher? Análise crítica sobre os equipamentos de proteção às mulheres em situação de violência”, é vinculado ao projeto de pesquisa “Quantas mãos te mataram mulher? Análise sobre a responsabilidade do Estado na prevenção ao feminicídio” e foi desenvolvido no âmbito do Grupo Marias de extensão e pesquisa em gênero, educação popular e acesso à justiça (CRDH/UFPB).

O projeto se insere na temática voltada para a análise e compreensão do fenômeno da violência contra as mulheres, em especial, para as suas estratégias de enfrentamento. A construção de uma política nacional de proteção às mulheres é uma das ações que se enquadram nesse contexto e que se desenvolve a partir das reivindicações dos movimentos de mulheres. A política tem como objetivo proporcionar uma maior atenção às violências sofridas pelas mulheres e resultou na criação e articulação de diversos equipamentos, como as delegacias especializadas no combate à violência doméstica e familiar, as casas abrigos, a própria Lei Maria da Penha - LMP e os juizados especiais, por exemplo (Meneghel et al., 2011, p.744).

¹ maria.helena.rodrigues.silva@academico.ufpb.br

² tatygut@ccj.ufpb.br, Quantas mãos te mataram mulher? Análise sobre a responsabilidade do Estado na prevenção ao feminicídio, (83) 3216-7878 e coordenacaoic@propesq.ufpb.br.

É neste campo, de reconhecimento dos direitos das mulheres, que foram desenvolvidas políticas e criados equipamentos que passaram a compor uma rede de atendimento. A partir do fortalecimento dessa rede, composta por instituições especializadas para lidar com mulheres em situação de violência doméstica e familiar – seguindo uma perspectiva feminista integrada à Lei Maria da Penha – e instituições não especializadas, como CREAS, CRAS e secretarias de saúde, por exemplo, foi possível a criação de equipamentos que possuem atuação específica direcionada às Medidas Protetivas de Urgência - MPU.

As MPU, segundo Lima (2011), visam a garantia dos direitos fundamentais das mulheres, buscando, através de uma atuação preventiva, evitar que as mesmas possam sofrer novamente com a violência doméstica e familiar. Nesse sentido, torna-se fulcral a existência de equipamentos que atuem no monitoramento dessas medidas, garantindo que as mesmas sejam eficazes. Desse modo, é de suma importância a atuação do Programa Integrado Patrulha Maria da Penha do Governo do Estado da Paraíba e da Ronda Maria da Penha do município de João Pessoa.

Os dois equipamentos foram identificados e analisados no presente plano de trabalho que tem como objetivos: 1) Mapear os equipamentos de proteção às mulheres que solicitaram medidas protetivas de urgência no âmbito da Rede estadual de atenção às mulheres em situação de violência doméstica e sexual – Reamcav; 2) Identificar, nos instrumentos normativos que regulamentam as atividades dos equipamentos de proteção às mulheres, os critérios que os localizam no âmbito das atividades protetivas e preventivas da Lei Maria da Penha; e 3) Analisar a finalidade, princípios e os objetivos dos equipamentos de proteção às mulheres à luz da Lei Maria da Penha e das perspectivas feministas.

A execução do presente plano de trabalho possibilitou o alcance de um dos objetivos específicos do projeto de pesquisa, qual seja, mapear, no âmbito da rede estadual de atenção às mulheres em situação de violência doméstica e sexual, as estratégias e abordagens adotadas pelos equipamentos de proteção às mulheres que solicitaram medidas protetivas de urgência no âmbito da Lei Maria da Penha.

Fundamentação teórica

O fenômeno da violência doméstica e familiar contra as mulheres há tempos vem sendo alvo da denúncia dos movimentos de mulheres (Diniz, 2006), não só da perspectiva da mudança cultural e da necessidade do fim da discriminação de gênero, mas também, em relação à responsabilidade do Estado no seu enfrentamento.

A análise sobre o fenômeno no Brasil, em especial a partir das experiências de resistência das mulheres, tem se dado a partir do reconhecimento dos sistemas de dominação-exploração (Saffioti, 2015), ou seja, aquela se situa no campo das relações desiguais de poder e não se engessa em perspectivas intersubjetivas. A atuação política dos movimentos feministas, em especial por estarem ligados diretamente à luta pela redemocratização do país (Costa, 2005), foi determinante em relação às análises e propostas mais efetivas no campo das mudanças sociais e de contestação aos modelos de resolução de conflito predominantes na nossa sociedade, como as medidas de caráter unicamente repressivo e as que banalizavam a violência contra a mulher.

A perspectiva feminista no combate à violência doméstica e familiar, portanto, propõe uma abordagem integral e interseccional do fenômeno, possibilitando vislumbres para o fim da violência contra as mulheres ao pensar as medidas emergenciais de proteção (necessidade de proteção e prevenção de novas violências), a responsabilização dos agressores e as mudanças culturais, no âmbito da luta contra os sistemas de opressão e enquanto responsabilidade do Estado.

É neste contexto que a atual política de enfrentamento à violência doméstica e familiar se desenvolve no Brasil. Após muitas movimentações no campo nacional e internacional no decorrer de mais de três décadas, em 2006, após condenação do Brasil na Corte Interamericana de Direitos Humanos, o Brasil promulgou a Lei 11.340/2006, conhecida como Lei Maria da Penha.

A Lei Maria da Penha vem sendo aplicada e estudada em todo o país no decorrer destes 15 anos e, no contexto de sua aplicação, uma das maiores preocupações sempre foi a proteção das mulheres em situação de violência, como evitar e prevenir novos episódios de violência, em especial, aqueles que podem culminar com o feminicídio. Nesses estudos, diversos aspectos são analisados, desde a atuação da polícia na investigação dos crimes, acolhimento das mulheres nas instituições, atuação do Poder Judiciário e a necessidade de implementação da lei na perspectiva em que foi aprovada (Santos, 2010; Campos, 2018; Cerqueira, Matos, Martins, Pinto Junior, 2016; Ferreira, Barbosa, Oliveira, 2015; Instituto, 2013; Observe, 2009; Observe, 2013).

Este novo sistema jurídico inaugurado com a Lei Maria da Penha, como defendem Campos e Carvalho (2011), aponta para elementos importantes do ponto de vista das históricas reivindicações feministas, como a necessidade do olhar integral para as mulheres (Ferreira, Barbosa, Oliveira, 2015) e a integração das ações dos poderes públicos e as medidas de prevenção e assistência (Bianchini, 2011). Logo, para além das ações no campo do direito penal, a Lei Maria da Penha traz em seu texto previsão de atuação integrada dos poderes públicos no âmbito da prevenção, assistência e proteção.

Segundo Pasinato (2010), a Lei Maria da Penha tem três eixos de atuação: as medidas criminais para a punição da violência, as medidas de proteção da integridade física e dos direitos da mulher e as medidas de prevenção e de educação. Para a autora, apenas com a articulação desses três eixos é que é possível falar em implementação correta da lei, todavia, percebe-se a prevalência da atuação repressiva em detrimento das estratégias protetivas, preventivas e assistenciais.

Os diversos relatórios de análise da implementação da Lei Maria da Penha têm apontado para a necessidade dessa articulação ao mencionar, por exemplo, as deficiências de ações nos campos assistenciais e preventivos, dentre estas, a falta de humanização no atendimento às mulheres, ausência de equipes multidisciplinares atuantes nos juizados e nas delegacias especializadas, burocratização e indeferimento de medidas protetivas, atraso na intimação de medidas protetivas e medidas protetivas com prazo de validade, por exemplo (Oliveira, 2018; Brasil, 2015; Brasil, 2014; Campos, 2018; Cerqueira, Matos, Martins, Pinto Junior, 2016; Ferreira, Barbosa, Oliveira, 2015).

Bianchini (2011, p. 218) ressalta a importância dos eixos preventivos e protetivos e destaca que “se bem utilizadas, têm o condão de, efetiva e finalmente, alterar positivamente o quadro de violência contra a mulher”. É a partir desta perspectiva que propomos a presente pesquisa. Pretendemos identificar e analisar iniciativas importantes neste campo (preventivo e protetivo) e compreender como estas podem incidir na prevenção ao feminicídio. Para isso, escolhemos como foco as medidas protetivas de urgência e os equipamentos que foram criados especificamente para seu monitoramento e implementação.

Neste sentido, importa destacar dois aspectos de suma importância para a pesquisa que se busca desenvolver. O primeiro diz respeito ao caráter protetivo e preventivo das medidas protetivas de urgência - MPU e, conseqüentemente, os deveres do Estado no sentido de dar efetividade a estas. Destaca-se que a análise que se pretende das medidas protetivas de urgência neste projeto, se dão no âmbito dos eixos protetivo, assistencial e preventivo e à sua capacidade de prevenir feminicídios. Um segundo aspecto importante é a análise acerca da responsabilidade do Estado na promoção ampla e articulada de ações protetivas, preventivas e assistenciais para evitar o feminicídio.

As medidas protetivas de urgência visam a proteção das mulheres a partir do estabelecimento de determinações que garantem seus direitos ou que obrigam o agressor, no sentido de assegurar proteção à sua integridade pessoal, assim como de seus/suas filhos/as, dentre outras medidas que tem como objetivo prevenir episódios de violências (Brasil, 2022).

Muitas críticas são direcionadas às medidas protetivas de urgência, pois, diversos tem sido os obstáculos para a efetivação destas (Oliveira, 2018; Pasinato, 2022; Souza, 2016). O conteúdo dessas medidas e a forma com que são interpretadas e utilizadas pelo Poder Judiciário tem determinado o teor e intensidade dessas críticas. Assegurar o cumprimento de medidas protetivas depende de muitos fatores, todavia, a perspectiva colonial e liberal do Estado e do Direito em relação à questão (Facio, 1999), atribuem à mulher o cuidado com sua segurança, restringindo-se a atuar quando há o descumprimento, como demonstram estudos relacionados ao monitoramento de MPU (Reis, 2019).

Sem o suporte do Estado, no sentido de acessarem instrumentos que evitem novas práticas de violência, as mulheres contam apenas com o que elas, individualmente, podem fazer para evitar nova violência: não sair de um prédio até a polícia chegar, sair correndo e pedir ajuda, trocar de telefone, sair da sua casa e se esconder na casa de pessoa de confiança, procurar por conta própria saber os passos do agressor para evitar encontrar com ele e tantas outras medidas de segurança que ficam unicamente sob sua responsabilidade e a colocam em risco.

Neste sentido, pode-se afirmar que o Estado se posiciona de forma repressiva e reativa às violações das medidas protetivas. Ou seja, a partir da lógica punitivista prioriza a persecução penal, tomando medidas após a violação das determinações judiciais constantes das medidas, não atentando para a necessidade e obrigação de atuar preventivamente. A atuação vazia e contraditória do Estado está localizada exatamente na lógica punitivista que aposta as fichas na ideologia da defesa social e medo do cárcere. Esse posicionamento ignora o contexto complexo em que essas violências se dão e a importância de uma abordagem interdisciplinar.

A atuação preventiva tem muita mais relação com a natureza da MPU do que a atuação repressiva. A finalidade da MPU não é assegurar o processo, mas garantir direitos fundamentais (Lima, 2011) e evitar novas ocorrências violentas em relação às mulheres em situação de violência doméstica. Algumas iniciativas têm se destacado no que se refere a essa questão e tem ganhado relevância dentro das redes de atendimento às mulheres em situação de violência doméstica e familiar no Brasil. Dentre estas, destacam-se aquelas criadas com o objetivo específico de proteger mulheres com medidas protetivas, as chamadas rondas ou patrulhas Maria da Penha.

A rondas ou patrulhas Maria da Penha têm como objetivo atuar no monitoramento e cumprimento das medidas protetivas de urgência visando coibir novos atos de violência (Helal, Viana, 2022) e já estão presentes em diversos estados e municípios brasileiros. Na Paraíba, contamos com experiências em nível municipal (João Pessoa) e estadual e o grupo que propõe esse estudo vem acompanhando suas atividades desde 2015 e realizando ações de extensão universitária em parceria com os equipamentos.

Metodologia

A fim de que o plano de trabalho pudesse ser realizado, estabeleceu-se que a análise crítica produzida acerca dos equipamentos de proteção às mulheres em situação de violência se restringiria ao município de João Pessoa, localizado no estado da Paraíba.

Nesse sentido, para a execução dos objetivos mencionados acima, foi priorizada a identificação dos equipamentos de proteção às mulheres, através do acesso aos canais de

comunicação do Governo do Estado da Paraíba, em especial, junto à Rede Estadual de Atenção às Mulheres em Situação de Violência Doméstica e Sexual – REAMCAV – assim como àqueles que são possíveis portas de entrada para as mulheres em situação de violência doméstica e familiar, considerados serviços não especializados, que podem atuar na prevenção ao feminicídio.

Para a identificação desses equipamentos foram estabelecidos critérios que auxiliassem na definição de quais equipamentos atuam diretamente na proteção das mulheres em relação às medidas protetivas de urgência. Desse modo, foi definido previamente que a classificação do equipamento “atuação relativa às MPUs” significa a realização de atividades que impliquem na solicitação, deferimento e cumprimento dessas medidas, bem como a contribuição para a concretização do direito à informação que as mulheres possuem acerca das medidas protetivas. Assim, os critérios definidos consideraram os equipamentos que possuem atuação direta nas medidas protetivas, em sua efetivação (através do seu cumprimento e fiscalização), e outras instituições que atuem no âmbito das MPUs, em aspectos relacionados às solicitações, deferimentos e outras ações que interfiram.

A escolha desses critérios foi realizada com base em análise prévia da Lei Maria da Penha e da legislação que regulamenta os órgãos que compõem a REAMCAV e a identificação das finalidades, princípios e objetivos de cada equipamento. Para isso, foi realizada uma pesquisa minuciosa da legislação que regulamenta cada equipamento e construída uma tabela que organizou esses equipamentos a partir de sua finalidade.

A partir desse levantamento pudemos fazer a seleção dos equipamentos que atendiam diretamente nosso interesse de investigar aqueles que atuam de forma mais próxima às mulheres que possuem medidas protetivas. Nesse sentido, optamos por investigar o Programa Integrado Patrulha Maria da Penha e a Ronda Maria da Penha.

Observamos que vários equipamentos tinham atuação relativa às MPUs. Foi o caso dos seguintes equipamentos: Ministério Público do Estado da Paraíba, Defensoria Pública do Estado da Paraíba, Delegacias Especializadas de atendimento às mulheres, Tribunal de Justiça da Paraíba, Centro de Referência da Mulher Ednalva Bezerra - CRMEB e Polícia Militar da Paraíba. Todavia, o Programa Integrado Patrulha Maria da Penha e a Ronda Maria da Penha possuem como finalidade principal a atuação relacionada às medidas protetivas de urgência.

Após a identificação desses equipamentos com base nos parâmetros definidos, para realizar a análise das estratégias e abordagens utilizadas pelo Programa Integrado Patrulha Maria da Penha e pela Ronda Maria da Penha, foi feito um levantamento e análise dos instrumentos normativos que regulamentam esses equipamentos. Procedemos à identificação de princípios, diretrizes e objetivos que apontem para a compreensão da finalidade e funcionamento dos procedimentos previstos em relação às Medidas Protetivas de Urgência, possibilitando a comparação entre a missão dos equipamentos e as medidas que foram efetivamente adotadas para a proteção das mulheres com medidas protetivas à luz da Lei Maria da Penha.

A pesquisa contou ainda com a realização de entrevistas com as coordenações do Programa Integrado Patrulha Maria da Penha e da Ronda Maria da Penha, o que possibilitou o enriquecimento do presente plano de trabalho, a partir dos seus resultados.

Resultados e discussão

a) A Rede estadual de atenção às mulheres em situação de violência doméstica e sexual – Reamcav:

A Lei nº 11.340/2006, conhecida como Lei Maria da Penha, visa a criação de mecanismos com a finalidade de reprimir a violência doméstica e familiar contra a mulher. Desse modo, em seus artigos 8º e 9º, a lei prevê a atuação articulada de entes e órgãos como

medida integrada de prevenção e assistência às mulheres que se encontram em situação de violência doméstica e familiar, traduzindo-se em estratégias para o enfrentamento dessa violência. Contudo, para além da necessidade de articulação, a referida lei prevê e estimula a criação de um conjunto de serviços especializados que atendam as peculiaridades que o fenômeno exige.

Dessa forma, visando efetivar o combate, prevenção, assistência e garantia de direitos – eixos da Política Nacional de Enfrentamento à Violência contra as Mulheres – é instituída uma rede de enfrentamento caracterizada pela articulação das atividades desenvolvidas por instituições governamentais e não governamentais e pela comunidade (Brasil, 2011, p. 13). Essa rede apresenta um aspecto mais abrangente, no sentido de não só atender, como também combater a violência, desse modo, servirá como uma porta de entrada, contemplando melhor o acolhimento e direcionamento das mulheres para o atendimento especializado.

Fundamentando-se na ideia de assistência, a rede de atendimento, composta de serviços especializados e não especializados, que será responsável pelo atendimento à população (Paraíba, 2011, p. 26) considerando a diversidade das mulheres, sua situação e a região em que se encontram para melhor desenvolvimento do seu fluxo.

No âmbito do estado da Paraíba existe a Rede Estadual de Atenção às Mulheres em Situação de Violência Doméstica e Sexual – Reamcav que, segundo seu regimento interno (Paraíba, 2020), é coordenada pela Secretaria de Estado da Mulher e da Diversidade Humana (SEMDH) do Governo do Estado da Paraíba e tem como finalidade promover a articulação de “órgãos, serviços e entidades que atuam no enfrentamento e atendimento às mulheres em situação de violência doméstica e sexual” (art. 1º). A Reamcav é composta por instituições estaduais e municipais, bem como não governamentais e possui, conforme disposto no art. 2º de seu regulamento, as seguintes atribuições:

- I – Articular e integrar a rede de enfrentamento e de atendimento às mulheres em situação de violência doméstica e sexual, promovendo a referência e contrarreferência dos casos;
- II – Propor o planejamento das ações anuais de enfrentamento à violência contra as mulheres nas redes locais;
- III – Monitorar e fortalecer as ações de enfrentamento à violência contra as mulheres na Paraíba;
- IV – Promover o diálogo e a integração entre os órgãos públicos, sociedade civil e os poderes Legislativos, Judiciário e Executivo que atendam às mulheres em situação de violência;
- V – Sistematizar e divulgar dados estatísticos sobre ações de enfrentamento e atendimento à violência doméstica e sexual contra as mulheres na Paraíba, respeitando o sigilo das vítimas (Paraíba, 2020).

A Reamcav é composta pelas seguintes instituições, sem prejuízos de outras que possam aderir: Secretaria de estado da Mulher e da Diversidade Humana, Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa Social (Polícia Militar, Polícia Civil e Corpo de Bombeiros/as), Secretaria de Estado da Saúde, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Humano, Secretaria de Estado de Educação e Cultura, Secretaria de Estado da Cidadania e Administração Penitenciária, Companhia Estadual de Habitação, Tribunal de Justiça da Paraíba, Ministério Público da Paraíba, Defensoria Pública do Estado da Paraíba, Empreender Paraíba, Assembleia Legislativa, Universidades Estaduais, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Sociedade Civil Organizada (Abayomi, Associação das prostitutas da Paraíba – APROS, Associação de Transfeministas da Paraíba – ASTRAPA, Centro da Mulher 8 de março, Conselho Estadual de Direitos das Mulheres, Cunchã Coletivo Feminista, Fórum de Mulheres da Universidade Federal da Paraíba, Grupo de Mulheres Maria Quitéria, Grupo Marias, Marcha da Negritude Unificada, MUDEPB (Movimento de Mulheres com Deficiência, União

Brasileira das Mulheres (UBM) e outros grupos de mulheres e feministas (Por adesão), Ordem dos Advogados do Brasil - OAB /PB, Fórum de Gestoras Municipais de Políticas para as Mulheres, Prefeituras Municipais (Por adesão), Conselhos de Classe (Por adesão), Hospitais/Maternidades Municipais de Referência da Violência Doméstica e Sexual (Por adesão).

Assim, analisando as prerrogativas da Reamcav, tem-se que essa rede busca um atendimento mais qualificado e integral, garantindo que as ações se desenvolvam em diversos setores, através em um correto encaminhamento, contribuindo para um atendimento de qualidade, sendo um instrumento de suma importância no combate à violência contra às mulheres, seguindo as premissas feministas de atuação integrada e serviços especializados presentes na Lei Maria da Penha.

b) Os equipamentos de proteção às mulheres com medidas protetivas na Reamcav:

O presente projeto de pesquisa busca analisar a responsabilidade do Estado nos casos de feminicídio, uma vez que dever do mesmo garantir que essas mortes fossem evitadas por uma atuação responsável e comprometida, em especial no combate às violências que podem resultar no feminicídio. Nesse sentido, Marcela Lagarde (2004) aponta que a omissão e passividade estatal, assim como sua negligência, quando se trata de crimes cometidos contra as mulheres, concorrem para a responsabilização do Estado, que deveria erradicar e prevenir esses crimes.

Desse modo, considerando a demanda feminista pela criação de serviços integrados que possam combater e tratar adequadamente à violência doméstica, familiar e sexual (Santos, 2015) e a criação de espaços como a Reamcav no campo das ações de prevenção ao feminicídio, realizamos o mapeamento dos equipamentos que compõem a rede com fins de análise daqueles que atuam diretamente com medidas protetivas de urgência.

Sendo assim, a priori foi realizado um levantamento dos órgãos e equipamentos do Estado que se subdivide nas redes não-especializadas e especializada (Rede Estadual de Atenção às Mulheres em Situação de Violência Doméstica e Sexual - Reamcav), assim como de seus instrumentos normativos, para que fosse possível observar e analisar aqueles equipamentos que atuassem diretamente na proteção das mulheres com medidas protetivas de urgência.

Saliente-se aqui, que o levantamento de órgãos da rede não especializada se deu para a análise referente aos processos judiciais que apuram feminicídios, tendo em vista que o projeto de pesquisa ao qual esse plano de trabalho está vinculado, propõe analisar se as mulheres assassinadas chegaram a acessar algum órgão do Estado, mesmo que da rede não especializada.

Quanto à rede não especializada, em áreas como saúde (unidades hospitalares, hospitais universitários, clínicas, Atenção Primária à Saúde, Unidades de Pronto Atendimento, Unidades Básicas de Saúde e Unidades de Saúde da Família no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS), educação (Educação de Jovens e Adultos, creches, ensino básico e superior) e assistência social (Centro de Referências Especializado de Assistência Social - CREAS e Centros de Referência de Assistência Social no âmbito do Sistema único de Assistência Social – SUAS), foi possível verificar a existência, direta ou indireta, de normativas que impõe a atuação em atividades que visem o combate à violência doméstica, familiar e sexual contra as mulheres.

No que se refere à rede especializada, foram adotados critérios para diferenciar a atuação dos equipamentos que atuam diretamente na proteção de mulheres a partir das Medidas Protetivas de Urgência. Primeiro consideramos como “equipamentos que atuam diretamente na proteção das mulheres em relação às medidas protetivas de urgência” aqueles que atuavam na solicitação, deferimento e efetividade, cumprimento e fiscalização das MPU’s.

Após identificar os equipamentos que atuam diretamente na proteção das mulheres em relação às medidas protetivas de urgência, passamos a categorizá-los a partir de duas referências distintas: 1) equipamentos que atuam diretamente em relação à efetividade, cumprimento e fiscalização das MPU-s e 2) equipamentos que atuam diretamente em relação a solicitação, deferimento e ações que possam modificar de alguma forma sua validade. Sendo válido destacar que é a primeira linha de equipamentos que será analisada com maior profundidade devido à sua contribuição direta para a efetividade dessas medidas, que visam evitar novas violências e o feminicídio.

Estão classificados no primeiro grupo a Ronda Maria da Penha e o Programa Integrado Patrulha Maria da Penha, que estão vinculados respectivamente à Secretaria Municipal Extraordinária de Políticas Públicas para as Mulheres de João Pessoa (SEPPM) e à Secretaria da Mulher e da Diversidade Humana do Estado da Paraíba (SEMDH) e Secretaria de Estado da Segurança e da Defesa Social (SESDS). Esses equipamentos são considerados de atuação direta na efetividade, cumprimento e fiscalização das MPU's, visto que suas normativas preveem o monitoramento do cumprimento de medidas protetivas de urgência deferidas, no caso da Ronda Maria da Penha, ou até mesmo desde a sua solicitação, como ocorre na Patrulha Maria da Penha.

Quanto aos equipamentos que atuam diretamente em relação a solicitação, deferimento e ações que possam modificar de alguma forma as MPU's tem-se a atuação do Ministério público (Promotoria de Justiça Especializada de Defesa da Mulher em Situação de Violência Doméstica e Familiar), Defensoria Pública do estado da Paraíba (Defensoria Especializada de Atendimento à Mulher), Tribunal de Justiça da Paraíba (Juizado Especial de Violência Doméstica e Familiar Contra a Mulher), Polícia Civil do estado da Paraíba (Delegacias Especializadas de Atendimento à Mulher de João Pessoa – zona sul e zona norte) e o Centro de Referência da Mulher Ednalva Bezerra – CRMEB.

c) Ronda e Patrulha Maria da Penha: equipamentos essenciais na prevenção ao feminicídio:

Após a análise que confere à Ronda Maria da Penha e ao Programa Integrado Patrulha Maria da Penha a qualificação de equipamentos que atuam de forma direta na efetividade, cumprimento e fiscalização das MPU's, resta analisar individualmente os dispositivos normativos que os regem (Lei Ordinária Municipal nº 13.772/19 e Decreto nº 39.343/19, respectivamente) para fins de melhor compreensão dos critérios que os localizam no âmbito de atividades protetivas e preventivas da Lei Maria da Penha, assim como da sua finalidade, objetivos e princípios, sob a perspectiva feminista que é adotada na Lei Maria da Penha e que contribui para a prevenção ao feminicídio.

Em relação à Ronda Maria da Penha, a Lei Ordinária nº 13.772/2019 que prevê “a implantação do Programa Ronda Maria da Penha no Município”, esta contém em sua estrutura, demandas estipuladas pela Lei Maria da Penha, as quais podemos vislumbrar nos seguintes artigos:

Art. 1º Fica instituído o Programa Ronda Maria da Penha, voltado ao acolhimento e monitoramento de mulheres em situação de violência doméstica e familiar no Município de João Pessoa, amparadas por Medidas Protetivas de Urgência [...].

Art. 6º As usuárias do Centro de Referência da Mulher Ednalva Bezerra - CRMEB e dos demais serviços que compõem a Câmara Técnica de Monitoramento do Pacto pelo Enfrentamento à Violência também poderão ser encaminhadas ao Programa Ronda Maria da Penha, bem como a mulher também poderá proceder com busca espontânea pelo serviço.

Os artigos acima se coadunam com as normativas descritas na LMP, em especial, no tocante a resguardar a integridade física e psíquica da mulher, assegurando e estabelecendo a observância das Medidas Protetivas de Urgência, por intermédio do judiciário e da segurança pública, com fins em garantir sua real efetividade, como pode ser observado nos seguintes artigos da Lei 11.340/06:

Art. 2º Toda mulher, independentemente, de classe, raça, etnia, orientação sexual, renda, cultura, nível educacional, idade e religião, goza dos direitos fundamentais inerentes à pessoa humana, sendo-lhe asseguradas as oportunidades e facilidades para viver sem violência, preservar sua saúde física e mental e seu aperfeiçoamento moral, intelectual e social.

Art. 38-A. O juiz competente providenciará o registro da medida protetiva de urgência.

Parágrafo único. As medidas protetivas de urgência serão, após sua concessão, imediatamente registradas em banco de dados mantido e regulamentado pelo Conselho Nacional de Justiça, garantido o acesso instantâneo do Ministério Público, da Defensoria Pública e dos órgãos de segurança pública e de assistência social, com vistas à fiscalização e à efetividade das medidas protetivas.

Sendo assim, o Programa Ronda Maria da Penha é um dos mecanismos que, conforme o art. 1º, 3º, 4º e 5º da Lei nº 13.772/2019, tem a finalidade de promover, em João Pessoa - PB, acolhimento e monitoramento das mulheres que se encontram inseridas no quadro de violência doméstica e/ou familiar e que estão asseguradas pela MPU. Essas mulheres podem ser encaminhadas tanto pelo próprio Tribunal de Justiça da Paraíba (TJPB), quanto pelo Centro de Referência da Mulher Ednalva Bezerra (CRMEB), ou demais serviços que integram a Câmara Técnica de Monitoramento do Pacto pelo Enfrentamento à Violência, e ainda poderão requerer de forma espontânea, prevendo desse modo uma atuação integrada à rede.

Nesse viés, o programa é realizado pela Secretaria Extraordinária de Políticas Públicas para as Mulheres (SEPPM) em junção com a Secretaria Municipal de Segurança Urbana e Cidadania (SEMUSB), por meio da Guarda Civil Municipal e das instituições que integram a Câmara Técnica de Monitoramento do Pacto pelo Enfrentamento à Violência contra as mulheres, as quais definem os atos complementares, diretrizes e meios para execução do programa. Ademais, é válido lembrar que o Programa Ronda Maria da Penha conta com uma equipe especializada constituída pelos seguintes profissionais: advogada, assistente social, guarda civil municipal, coordenação e apoio administrativo, destacando-se a adoção de um tratamento multidisciplinar (Entrevistada – Ronda Maria da Penha).

Percebe-se, portanto, que o programa se localiza no âmbito de atividades protetivas e preventivas da Lei Maria da Penha e está em consonância com as perspectivas feministas: possui integração com o Poder Judiciário na execução da política pública, atua no âmbito de medidas protetivas e preventivas ao feminicídio, possui tratamento multidisciplinar no serviço público e é um serviço especializado. É o que se observa a partir dos seus objetivos:

Art. 2º São objetivos da Ronda Maria da Penha:

I - prevenir e coibir a violência doméstica e familiar contra as mulheres, seja ela física, psicológica, sexual, moral ou patrimonial, conforme preconiza a Lei nº 11.340/2006 - Lei Maria da Penha;

II - monitorar o cumprimento de Medidas Protetivas de Urgência, contribuindo para a efetividade das ações de proteção às mulheres em situação de violência e/ou familiar;

III - promover o acolhimento humanizado e a orientação às mulheres inseridas no Programa Ronda Maria da Penha pela técnica e guardas municipais;

IV - reduzir o número de registros de ocorrências de ameaça, tentativas de feminicídio e feminicídios contra as mulheres no Município de João Pessoa;

Nesse contexto, evidencia-se que o art. 2º, I, detém objetivos que também encontram guarida na LMP, em especial no seu art. 1º, quais sejam: a coibição e prevenção da violência doméstica e familiar contra a mulher estabelecendo medidas de assistência e proteção às mulheres em situação de violência doméstica e familiar.

Além disso, o art. 4º da Lei Ordinária nº 13.772/2019, e seus respectivos incisos, preveem a execução do Programa Ronda Maria da Penha nos seguintes termos:

Art. 4º O Programa Ronda Maria da Penha será executado através das seguintes ações:

I - análise dos casos a serem atendidos, quando da existência de Medidas Protetivas de Urgência deferidas pelo Juizado de Violência Doméstica e Familiar contra a Mulher da Comarca de João Pessoa ou por plantão judiciário;

II - verificação do cumprimento das Medidas Protetivas de Urgência através de visitas, rotas de monitoramento, bem como, adoção de medidas cabíveis no caso de detecção de descumprimento por parte do agressor, conforme previsto no Art. 24-A da Lei nº 11.340/2006 (Leia Maria da Penha);

III - monitoramento dos casos atendidos, emissão de relatórios, levantamento de dados estatísticos e articulação com a rede de serviços que compõem a Câmara Técnica de Monitoramento do Pacto pelo Enfrentamento à Violência contra as mulheres;

IV - realização de atividades educativas que visem à divulgação das ações da Ronda Maria da Penha e demais serviços ofertados pela SEPPM;

Parágrafo único. Poderá o Juizado de Violência Doméstica e Familiar contra a Mulher da Comarca de João Pessoa, em virtude de celebração de Termo de Cooperação Técnica entre o município de João Pessoa e o Tribunal de Justiça da Paraíba, promover o encaminhamento de Medidas Protetivas de Urgência concedidas.

A partir do exposto, é notável a realização do programa de forma preventiva, bem como repressiva, nos casos mais extremos, em que a fiscalização detecta o descumprimento das MPUs pelo agressor, o qual suportará as sanções previstas no art. 24-A da LMP³. Ainda, o art. 4º, da lei que prevê a implantação do programa, dialoga com o art. 8º da LMP, principalmente com os incisos II e V, os quais dispõem:

II - a promoção de estudos e pesquisas, estatísticas e outras informações relevantes, com a perspectiva de gênero e de raça ou etnia, concernentes às causas, às consequências e à frequência da violência doméstica e familiar contra a mulher, para a sistematização de dados, a serem unificados nacionalmente, e a avaliação periódica dos resultados das medidas adotadas;

V - a promoção e a realização de campanhas educativas de prevenção da violência doméstica e familiar contra a mulher, voltadas ao público escolar e à sociedade em geral, e a difusão desta Lei e dos instrumentos de proteção aos direitos humanos das mulheres;

Portanto, diante de todos os argumentos supracitados, é possível concluirmos que a Lei Ordinária nº 13.772/2019 é estruturada de acordo com a Lei Maria da Penha, seja de forma explícita ou implicitamente. Ademais, é notório também a intrínseca relação da lei com

³ Art. 24-A. Descumprir decisão judicial que deferiu medidas protetivas de urgência previstas nesta Lei: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 2 (dois) anos.

as perspectivas feministas, tanto nos seus objetivos, quanto na sua execução, bem como na sua finalidade.

No que tange à Patrulha Maria da Penha, o Decreto nº 39.343 de 07 de agosto de 2019, que “Dispõe sobre a criação e implementação do Programa Integrado Patrulha Maria da Penha no Estado da Paraíba”, atende às diversas demandas presentes na Lei Maria da Penha - Lei nº 11.340/06 -, tais como podem ser citadas, para fins de exemplificação, as dispostas nos seguintes artigos:

Art. 8º A política pública que visa coibir a violência doméstica e familiar contra a mulher far-se-á por meio de um conjunto articulado de ações da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios e de ações não-governamentais, tendo por diretrizes:

I - a integração operacional do Poder Judiciário, do Ministério Público e da Defensoria Pública com as áreas de segurança pública, assistência social, saúde, educação, trabalho e habitação;

VI - a celebração de convênios, protocolos ajustes, termos ou outros instrumentos de promoção de parceria entre órgão governamentais ou entre estes e entidades não-governamentais, tendo por objetivo a implementação de programas de erradicação da violência doméstica e familiar contra a mulher;

Art. 23 Poderá o juiz, quando necessário, sem prejuízo de outras medidas:

I - encaminhar a ofendida e seus dependentes a programa oficial ou comunitário de proteção ou de atendimento;

Ademais, é válido destacar que a adoção dessas medidas seguem preceitos dispostos na própria LMP, que garante que toda mulher tenha assegurado seus direitos fundamentais, oportunidades e facilidades para viver sem violência, preservando, desse modo, sua saúde física e mental (art. 2º).

O Programa Integrado Patrulha Maria da Penha tem por finalidade, segundo o art. 1º do decreto que a institui, acolher e realizar um monitoramento de mulheres em situação de violência doméstica e familiar no Estado da Paraíba, que possuem Medidas Protetivas de Urgência solicitadas e/ou deferidas. Tal ação ocorre através de uma ação preventiva e repressiva das Secretarias de Estado da Mulher e da Diversidade Humana (SEMDH) e da Segurança e da Defesa Social (SESDS), por meio das polícias civis e militares, estabelecendo parcerias com o Tribunal de Justiça do Estado da Paraíba (TJPB), com auxílio da Coordenadoria da Mulher em Situação de Violência Doméstica do TJPB e outras instituições, caracterizando o trabalho em rede.

O programa se constitui sob perspectiva feminista a partir da integração do Poder Judiciário na execução da política pública, instituição de serviços especializados para lidar com as peculiaridades da ocorrência, tratamento multidisciplinar no serviço público, monitoramento das MPUs e foco no eixo preventivo da LMP:

Art. 3º São objetivos da Patrulha Maria da Penha:

I – prevenir e coibir a violência doméstica e familiar contra as mulheres, seja ela física, psicológica, sexual, moral ou patrimonial, conforme preconiza a Lei nº 11.340/2006 – Lei Maria da Penha;

II - promover a cooperação mútua entre os órgãos signatários na área de formação, com a capacitação de policiais militares na execução de patrulhas ostensivas e protetivas especializadas, com o fim de qualificar os serviços de atendimento, apoio e orientação nas ocorrências policiais envolvendo mulheres vítimas de violência doméstica, com foco na prevenção e repressão a atos de violações dos direitos humanos das mulheres no enfrentamento da violência doméstica e familiar;

III – monitorar o cumprimento das medidas protetivas de urgência, contribuindo para a efetividade das ações de proteção às mulheres em situação de violência doméstica e/ou familiar;

- IV - promover o acolhimento humanizado e a orientação às mulheres inseridas na Patrulha Maria da Penha, bem como proceder aos encaminhamentos das mulheres em situação de violência doméstica e familiar à Rede de Atendimento no âmbito Municipal ou Estadual, conforme a natureza e as necessidades que as mulheres demandam junto aos órgãos da segurança pública;
- V – reduzir o número de registros de ocorrências de ameaças, tentativas de homicídio e homicídios contra as mulheres no Estado da Paraíba

Nota-se que o art. 3º, inciso I, do Decreto apresenta os objetivos iniciais da Patrulha Maria da Penha, tomando como parâmetro o artigo 1º da LMP, assim como ocorre na Ronda. Ainda sobre o art. 3º do Decreto, seu inciso III descreve objetivos que o Programa Integrado Patrulha Maria da Penha buscará executar, nos termos do seguinte artigo:

- Art. 4º O Programa Integrado Patrulha Maria da Penha será executada através das seguintes ações:
- II – verificação do cumprimento das Medidas Protetivas de Urgência através de visitas e monitoramentos, bem como adoção de medidas cabíveis no caso de detecção de descumprimento por parte do agressor;

Desse modo, pode-se concluir que o Decreto 39.343/19 foi elaborado em conformidade com a Lei Maria da Penha, atendendo às demandas que a mesma propõe. Para além disso, é possível confirmar que as perspectivas feministas adotadas pela Lei Maria da Penha estão presentes no âmbito do decreto que regulamenta esse equipamento.

Ademais, é importante destacar, alguns pontos que foram levantados durante a entrevista realizada com os equipamentos, considerando as perspectivas feministas a partir das quais analisamos os documentos. Em primeiro lugar, ambos os programas atuam buscando um tratamento multidisciplinar que vise observar a mulher dentro da sua integralidade, capacita o seu efetivo com formações voltadas para gênero, como também realizam amplas divulgações com fins educacionais e desenvolvem o trabalho em rede, através de termos de cooperação com outros órgãos.

Contudo, ambos equipamentos destacaram alguns empecilhos com o Poder Judiciário que prejudicam a atuação relacionada às MPU's, uma vez que há lentidão para o deferimento das medidas, prejudicando a atuação da Ronda – que só trabalha com medidas deferidas – além de indeferir muitas delas, impossibilitando o desempenho dos dois programas. Entretanto, no caso de indeferimento da MPU's, a Patrulha orienta quanto à possibilidade de recursos e tenta renová-las por meio de requerimento específico quando vencem, sendo este um outro problema, a concessão de medidas com prazos determinados.

Outrossim, outro gargalo observado para a atuação desses programas é a escassez de encaminhamentos vindos da saúde, levando a refletir se essas mulheres que sofrem com a violência doméstica, familiar e sexual não chegam a esses órgãos ou os mesmos não possuem capacitação para atender tais casos com a atenção devida.

Conclusões

A análise crítica produzida acerca dos equipamentos de proteção às mulheres em situação de violência a partir do mapeamento da rede de atendimento e da identificação daqueles que atuam diretamente na fiscalização e cumprimento de MPU's, possibilitou uma compreensão prévia das estratégias e abordagens utilizadas no âmbito das medidas protetivas de urgência por esses programas, objetivo importante da pesquisa ao qual se vincula o presente plano de trabalho. Buscamos compreender, através dos critérios adotados, se a atuação desses equipamentos, à luz das perspectivas feministas incorporadas à Lei Maria da Penha, é capaz de prevenir feminicídio.

Além das informações levantadas através da análise da legislação e dos documentos e entrevistas obtidos junto aos equipamentos, os primeiros dados levantados nesse plano de trabalho apontam para a incidência positiva da atuação dos equipamentos na prevenção ao feminicídio. Suas finalidades e objetivos apontam para a execução de programas comprometidos com a Lei Maria da Penha que tem em seu bojo demandas feministas importantes, em especial no que se refere à prevenção ao feminicídio. Outrossim, nota-se ainda que tanto a Patrulha Maria da Penha, quanto a Ronda Maria da Penha, atuam de forma preventiva e protetiva na prevenção ao feminicídio ao garantir o cumprimento das MPU's evitando novas violências, inclusive a letal.

Dado importante para a pesquisa é o colhido e confirmado em entrevista junto ao Programa Integrado Patrulha Maria da Penha de que nenhuma das 237 mulheres atendidas foi a óbito em razão do feminicídio. Este dado, analisado em conjunto com os que neste plano de trabalho foi levantado, indica a potencialidade de equipamentos específicos de proteção às mulheres com MPUs e que atuam em perspectiva feminista na prevenção ao feminicídio. Quanto ao Programa Ronda Maria da Penha, não foi possível obter esses dados com precisão, visto que o mesmo paralisou suas atividades durante a pandemia.

Neste sentido, destacamos o Relatório Final da Comissão Parlamentar de Inquérito do Feminicídio na Paraíba. O documento compreende dados entre 2015 e 2020, revelando que das 176 mulheres foram vítimas de feminicídio no estado, 81,82% delas não possuíam registro de ocorrência. Este dado se destaca, pois, quando analisado de forma comparativa aos dados acima, confirmam a importância da presença do Estado na prevenção aos feminicídios e a sua responsabilidade.

Referências bibliográficas

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DA PARAÍBA. CPI - Comissão Parlamentar de Inquérito de Feminicídio da Paraíba. João Pessoa, 2021.

BIANCHINI, Alice. Da assistência à mulher em situação de violência doméstica e familiar – artigo 8º. CAMPOS, C. H. (org.). Lei Maria da Penha comentada em uma perspectiva jurídicofeminista. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris, 2011.

BRASIL. Lei no 11.340 de 07 de agosto de 2006. Cria mecanismos para coibir a violência doméstica e familiar contra a mulher, altera o Código de Processo Penal, o Código Penal e a Lei de Execução Penal; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

_____. Ministério da Justiça. Secretaria de Assuntos Legislativos. Violências contra a mulher e as práticas institucionais. Brasília: Ministério da Justiça, 2015. (Série Pensando o Direito, 52)

_____. Presidência da República. Secretaria de Políticas para as Mulheres. Rede de enfrentamento à violência contra as mulheres. Brasília, 2011.

_____. SENADO FEDERAL. Relatório final da Comissão Parlamentar Mista de Inquérito (CPMI da Mulher). Disponível em <<http://www.senado.gov.br/atividade/materia/getPDF.asp?t=130748&tp=1>>. Acesso em 21 ago. 2014.

CAMPOS, C. H. Desmonte da lei Maria da Penha. Disponível em <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/opiniao/noticia/2017/09/carmen-hein-de-campos-desmonteda-lei-maria-da-penha-9899783.html>>. Acesso em 27 jun. 2018.

CAMPOS, C. H.; CARVALHO, S. Tensões atuais entre a criminologia feminista e a criminologia crítica: a experiência brasileira. CAMPOS, C. H. (org.). Lei Maria da Penha comentada em uma perspectiva jurídicofeminista. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris, 2011.

CERQUEIRA, D.; MATOS, M. V. M.; MARTINS, A. P. A.; PINTO JUNIOR, J. Avaliando a efetividade da lei Maria da Penha. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, março, 2015. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2048.pdf>. Acesso em 20 mai. 2016

COSTA, A. A. A. O movimento feminista no Brasil. Dinâmicas de uma intervenção política. Revista Gênero, Niterói, v.5, n.2, p.1-20, Jan./jul., 2005

DINIZ, S.G. Violência contra a mulher: estratégias e respostas do movimento feminista no Brasil. (1980-2005). In: DINIZ, S.G; SILVEIRA, L. P.; MIRIM, A.L. (Orgs.). Vinte e cinco anos de respostas brasileiras em violência contra a mulher (1980-2005): Alcances e Limites. São Paulo: Coletivo Feminista Sexualidade e Saúde, 2006, p. 15-44.

FACIO, A. Feminismo, genero y patriarcado. In: FACIO, A.; FRIES, L. Genero y Derecho (orgs.). Santiago de Chile: La Morada, 1999.

FERREIRA, A. M. P.; BARBOSA, L. C.; OLIVEIRA, T. G. (Orgs.). Mulheres em situação de violência: olhares feministas sobre a Rede de Atendimento. João Pessoa: Ideia editora, 2015.

HELAL, Ana Cecília Carvalho Sousa Morais. VIANA, Masilene Rocha. Patrulha Maria da Penha no enfrentamento à violência contra a mulher: objetivos, limites e experiências no brasil. IX Jornada Internacional de Políticas Públicas. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2019/images/trabalhos/trabalho_submissaoId_1481_14815cca18f553f5a.pdf>. Acesso em 02 mai 2022

INSTITUTO Patrícia Galvão; DATA Popular. Percepção da sociedade sobre a violência e assassinatos de mulheres. Disponível em: <http://www.spm.gov.br/publicacaoesteste/publicacoes/2013/livro_pesquisa_violencia.pdf>. Acesso em 10 dez. 2013.

JOÃO PESSOA. Lei Ordinária nº 13.772, de 04 de julho de 2019. Dispões sobre a implantação do Programa Ronda Maria da Penha no Município. João Pessoa, 2019.

LIMA, Fausto Rodrigues de. Da atuação do Ministério Público – artigos 25 e 26. In: CAMPOS, C. (org.). Lei Maria da Penha comentada na perspectiva jurídico-feminista. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2011

MENEGHEL, S. N. ; BAIRROS, Fernanda ; MUELLER, B. ; Monteiro D ; COLLAZIOL, M. Rotas críticas de mulheres em situação de violência: depoimentos de mulheres e operadores

sociais em Porto Alegre. RS. Cadernos de Saúde Pública (ENSP. Impresso) , v. 27, p. 743-752, 2011.

OBSERVE - Observatório para Implementação da Lei Maria da Penha. Relatório Preliminar de Pesquisa do Observatório. Disponível em <http://www.observe.ufba.br/_ARQ/relatoriofinal.pdf>. Acesso em 10 dez. 2013.

_____. Construção e implementação Do Observatório da Lei 11.340/2006 – Lei Maria da Penha, Relatório Final. Salvador, 2009.

OLIVEIRA, Tatyane Guimarães. *ACREDITA NO QUE EU TÔ DIZENDO PELO AMOR DE DEUS!? APLICAÇÃO DA LEI MARIA DA PENHA E AS CONTRADIÇÕES DE UMA JUSTIÇA (VIO)LENTA*; 2018; Tese (Doutorado em Estudos Interdisciplinares Sobre Mulheres, Gênero e Feminism) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

PARAÍBA. Decreto nº 39.343, de 07 de agosto de 2019. Dispõe sobre a criação e implementação do Programa Integrado Patrulha Maria da Penha no Estado da Paraíba. João Pessoa: Diário Oficial do Estado, 08 ago. 2019. p. 2-3.

_____. Secretaria de Estado da Mulher e da Diversidade Humana. Guia da rede de enfrentamento e atendimento à violência doméstica sexual. João Pessoa, 2011.

_____. Secretaria de Estado da Mulher e da Diversidade Humana. Regimento interno da rede estadual de atenção às mulheres em situação de violência doméstica e sexual – Reamcav. Diário Oficial [do] Estado da Paraíba, João Pessoa, p. 8-9, 20 mar. 2020.

PASINATO, Wânia. Acesso à justiça e violência doméstica e familiar contra as mulheres: as percepções dos operadores jurídicos e os limites para a aplicação da Lei Maria da Penha. Revista Direito GV: São Paulo, jul-dez/2015, p. 407-428. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rdgv/v11n2/1808-2432-rdgv-11-2-0407.pdf>. Acesso em 02 MAI 2022.

_____. 'Femicídios.'e as mortes de mulheres no Brasil. Cadernos Pagu (UNICAMP. Impresso) , v. 37, p. 219-246, 2011.

_____. Lei Maria da Penha Novas abordagens sobre velhas propostas. Onde avançamos? Civitas, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 216-232, maio-ago. 2010

REIS, LUANNE SILVA. Verso e reverso das medidas protetivas de urgência: atuação da cara especial de Violência Doméstica e Familiar na comarca de São Luiz/MA, à luz da Lei Maria da Penha. Dissertação. Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2019.

SAFFIOTI, H. I. Gênero, patriarcado e violência. 2 ed. São Paulo: Ed. Expressão Popular: Fundação Perseu Abramo, 2015.

SANTOS, C. M. Da delegacia da mulher à Lei Maria da Penha: absorção/tradução de demandas feministas pelo Estado. Revista Crítica de Ciências Sociais, Coimbra, n.89, p.153-170, junho, 2010.

_____. Curto-circuito, falta de linha ou na linha? Redes de enfrentamento à violência contra mulheres em São Paulo. *Revista Estudos Feministas* [online]. 2015, v. 23, n. 2, pp. 577-600. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-026X2015v23n2p577>>. Epub May-Aug 2015. ISSN 0104-026X. <https://doi.org/10.1590/0104-026X2015v23n2p577>. Acesso em 25 jul 2023.

SOUZA, Firmiane Venâncio do Carmo. Entre tramas e dramas: as percepções de mulheres sobre medidas protetivas em tempos de Lei Maria da Penha. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Estudos Interdisciplinares sobre Mulheres, Gênero e Feminismo - NEIM. Salvador, 2016.

O STF E A CRISE DEMOCRÁTICA: A controvérsia pública em torno das acusações contra o sistema eleitoral

Victor de Oliveira Martins¹

Roberto Cordoville Efrem de Lima Filho²

Resumo: O plano de trabalho que precedeu este relatório teve por objetivo analisar a relação entre o Supremo Tribunal Federal (STF) e a crise democrática no Brasil, tendo como parâmetro a controvérsia pública em torno das acusações contra o sistema eleitoral e em como tal contexto aciona de forma particular a categoria de acusação denominada “ativismo judicial”. Para tanto, a pesquisa se subdividiu em dois campos de investigação: 1) as mobilizações virtuais de agentes conservadores, capturadas a partir da plataforma Instagram, em apoio ao voto impresso; 2) os trechos dos votos dos(as) ministros(as) do STF sobre a ADI 5889, que declara a inconstitucionalidade do voto impresso. Das análises, tornou-se possível complexificar o debate em torno do ciberativismo e da crise democrática brasileira, a partir da maneira como a categoria de “ativismo judicial” é atravessada pelo contexto das eleições.

Palavras-chave: Sistema Eleitoral. Voto Impresso. Suprema Corte. Ciberativismo.

Apresentação

O plano de trabalho que precedeu este relatório teve por objetivo analisar a relação entre o Supremo Tribunal Federal (STF) e a crise democrática no Brasil, tendo como parâmetro a controvérsia pública em torno das acusações contra o sistema eleitoral e em como tal contexto aciona de forma particular a categoria de acusação denominada “ativismo judicial”.

Trata-se de uma continuação de esforços analíticos iniciados em um projeto anterior, em que a controvérsia pública distinta fora a gestão da pandemia da Covid-19. No plano de

¹ Aluno. E-mail: vicdeoliveiramartins@gmail.com

² Orientador. E-mail: Robertoefremfilho@gmail.com. Projeto de Pesquisa “O Supremo Tribunal Federal e a crise democrática: controvérsias públicas em torno da acusação de ativismo judicial”. Plano de Trabalho “O STF e a crise democrática: a controvérsia pública em torno das acusações contra o sistema eleitoral”. Telefone: (83) 9 9630-1262. E-mail da Instituição de vínculo da bolsa: pesquisa@propesq.ufpb.br.

trabalho precedente, foi investigada a maneira como a gestão pandêmica aciona mobilizações virtuais de agentes conservadores, contrastando com trechos dos votos dos(as) ministros(as) do STF sobre esse tema, em específico, a Ação Direta de Inconstitucionalidade 6341 (ADI 6341), as Arguições de Descumprimento de Preceito Fundamental 668 e 669 (ADPF 668 e 669) e a Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental 672 (ADPF 672).

A atuação de agentes do Poder Judiciário na experiência democrática tomou força através do contexto histórico de redemocratização no Brasil, por conta do acirramento das lutas por direitos e do aumento de prerrogativas jurisdicionais proporcionadas pela Constituição de 1988. Nesse sentido, enxergou-se um aumento vertiginoso nos casos de judicialização envolvendo múltiplos campos da vida, como a economia, a saúde, a política, a religião e a cultura, consequência de uma constitucionalização abrangente, tal como defende Barroso (2012).

Nesse contexto de inafastabilidade da jurisdição como um princípio do acesso à justiça, com o sistema brasileiro híbrido de controle de constitucionalidade e o que se considera enquanto retração dos Poderes Executivo e Legislativo, a categoria “ativismo judicial” acabou emergindo como forma de descrição das atuações de juízes e juízas, ministros e ministras, acusados(as) por certos atores políticos de estarem excedendo suas competências e suas prerrogativas.

A pesquisa, portanto, busca evidenciar as narrativas construídas em torno do “ativismo judicial”, de um lado a partir dos setores conservadores que se organizam em comunidades virtuais e se manifestam por meio do ciberativismo, de outro lado pelos ministros e pelas ministras do STF, que incorporam uma voz institucional de guardiões(ãs) da Constituição e, em parte, da própria democracia.

Fundamentação Teórica

O trabalho parte de três premissas teórico-metodológicas relevantes para entender em quais contextos são adotadas determinadas categorias e como elas se relacionam com o objeto da pesquisa.

A primeira das premissas se vale da compreensão de que o Direito não é neutro. Nesse sentido, importa identificar os diversos esforços em categorizar a prática jurídica como um instituto técnico afastado do campo das ideologias, ainda que, como observa Almeida (2015), o Direito em si seja ideologia, por sua capacidade de regulação prática das contradições

sociais. Nesse sentido, a abordagem sobre o “ativismo judicial” aqui empreendida não parte da análise jurídica acerca das chamadas “judicialização da política” e “politização da justiça”. Ao invés de pensar influências políticas externas ao Direito, faz-se, tal como Andressa Lewandowski (2019) investe, um esforço em compreender as práticas e categorias que permeiam o cotidiano dos tribunais, ou seja, “é pensar uma própria política que está na natureza do direito” (p. 300).

O “ativismo judicial”, dessa forma, será tratado enquanto uma categoria de acusação, pois, como será observado no *corpus* da pesquisa, as intensas mobilizações conservadoras nos espaços virtuais tentam a todo custo enfraquecer a legitimidade dos tribunais, principalmente o STF, para decidir sobre determinados casos que lhes chegam. Mais do que dizer se as decisões dos ministros e das ministras são boas, por se inserirem numa permanente revisão constitucional de ampliação de direitos e definição de cidadania (Avritzer e Marona, 2014), ou se são ruins, por representarem uma posição elitista e autoritária da suprema corte ao violar a soberania popular na democracia representativa (Miguel e Bogéa, 2020), importa descrever a influência dos(as) ministros(as) do STF na experiência democrática brasileira.

Assim, a segunda premissa evidencia como “ativismo judicial” representa um discurso centrado na acusação de determinados setores para com determinadas práticas, de modo que sujeitos e grupos emergem e são, da mesma forma, narrados também a partir de outras categorias acusatórias. É o caso dos “agentes conservadores” e dos “agentes progressistas” que, tal como observa Efreim Filho (2019), são situados por conflitos e fronteiras polarizadas entre “nós” e “os outros”, gerando tensões e reconfigurando os limites e as possibilidades entre esses próprios sujeitos e a democracia.

Acerca disso, as polarizações, dicotomias e maniqueísmos se constituem enquanto engrenagens próprias de um contexto político de constante contradição, disputa e, até mesmo, guerra (Nobre, 2020), de modo que a condição de uma democracia posta em crise por fatores morais e econômicos (Almeida, 2017; 2019; Biroli, 2018; Fraser, 2020) levanta questões não apenas filosóficas, mas político-institucionais sobre: 1) quem vai salvar a “Democracia”? e 2) o que é realmente “Democracia”? A terceira e última premissa teórico-metodológica, portanto, diz respeito ao que se considera por “crise democrática” e como as provocações há pouco mencionadas são mobilizadas nesse contexto através dos referidos agentes políticos, sejam militantes, sejam magistrados(as), que produzem estratégias, narrativas, categorias e processos.

Metodologia

Na análise das narrativas travadas em torno do sistema eleitoral, buscou-se investigar a relação entre o STF e as mobilizações de agentes conservadores a partir da disputa pelo voto impresso e a defesa das urnas eletrônicas. Tal disputa comporta tanto interações *on-line* (*hashtags*, perfis e páginas), como os registros feitos a partir do marcador “#apoioovotoimpresso”, quanto a decisão unânime do STF sobre a inconstitucionalidade da impressão do voto eletrônico a partir da ADI 5889.

Assim, parte do trabalho empírico da pesquisa inspira-se em uma etnografia em ambiente digital, aos moldes de Leitão e Gomes (2017), em específico, uma “perambulação” enquanto sensibilidade etnográfica através da plataforma *Instagram*. Sobre isso, ressalto a relevância analítica da antropologia digital ao considerar as plataformas digitais enquanto ambientes em que a vida social é operada a partir de fluxos específicos dos processos de digitalização, de modo que a metodologia investigativa necessita acompanhar essas novas informações, procedimentos e interações, como se cidades fossem.

Além disso, importa analisar os votos e as decisões dos(as) ministros(as) do STF sobre o tema, partindo da compreensão, com base em Lewandowski (2016), de que autos processuais são mais do que meras ferramentas burocráticas, mas sim representam uma gestão de pessoas, de burocracias e de políticas-institucionais, em que o “fazer processual” e o “fazer decisional” produzem direitos, sujeitos e, em última instância, a realidade externa que os constituem.

O caminho do trabalho de pesquisa centrou-se inicialmente em uma perambulação pela “#apoioovotoimpresso”, página vinculada à rede social *Instagram*. Nela, cuidou-se de analisar as postagens que foram realizadas desde a criação da conta, atentando-se às imagens e aos comentários a elas vinculados. As postagens escolhidas para serem capturadas em tela (*printscreen*) foram as que faziam referência ao objeto da pesquisa, ou seja, que portavam conteúdos sobre sistema eleitoral, democracia e STF. Tais postagens foram selecionadas, armazenadas em uma pasta de documentos específicos ao *corpus* de pesquisa e representadas pelas três figuras constantes no presente relatório.

Em um segundo momento, a análise foi conduzida no sentido de destrinchar os autos processuais no interior da Ação Declaratória de Inconstitucionalidade (ADI) 5889, em razão de esta ação abarcar a discussão do objeto da pesquisa e confluir com os temas relacionados às postagens sistematizadas na perambulação. Para tanto, houve uma seleção de trechos dos

votos do Ministro Gilmar Mendes, relator da ação, e do Ministro Luís Roberto Barroso, que dialogavam com as narrativas produzidas pelos agentes conservadores nas redes sociais sobre o sistema eleitoral e as eleições.

Resultados e Discussão

O sistema eleitoral, por si, representa um mecanismo complexo que não se limita apenas a um instrumento de disputa político-partidária, mas de compreensão da própria dimensão democrática moderna. Na análise, a defesa da democracia é utilizada tanto por agentes conservadores, quanto pelos ministros do STF, de modo que cada setor constrói sua narrativa a partir de preceitos próprios que são considerados “legitimamente democráticos”.

O Ministro Gilmar Mendes, relator da ADI 5889, cita em seu voto que:

A Democracia exige mecanismos que garantam a plena efetividade de liberdade de escolha dos eleitores no momento da votação, condicionando a legítima atividade legislativa do Congresso Nacional na adoção de sistemas e procedimentos de escrutínio eleitoral que preservem, de maneira absoluta, o sigilo do voto (art. 14, caput, e art. 60, §4º, II, da CF).

Por outro lado, acompanhada de hashtags como #apoioovotoimpresso e #apoioovotoauditavel, mobilizações virtuais de agentes conservadores são realizadas para também defender uma suposta democracia, tal como o seguinte registro:



Fig. 1: Captura de tela retirada do marcador #apoioovotoimpresso (27 de julho de 2023).

Diferentemente do tom trazido pelo Ministro Gilmar Mendes, este preocupado em argumentar de forma técnica e jurídica, a publicação no Instagram utiliza-se de símbolos nacionais e patrióticos, de modo que, ao longo da pesquisa, é possível compreender que a defesa do voto impresso e auditável atravessa, intrinsecamente, um alinhamento ideológico com Bolsonaro, ex-Presidente da República e candidato à reeleição em 2022. O ciberativismo, enquanto “um tipo específico de ativismo político realizado por meio de tecnologias digitais em ambientes virtuais conectados pela Internet” (Borges, 2013, p. 45), é trazido aqui como uma mobilização eminentemente conservadora e bolsonarista.

Cesarino (2019), em suas análises, compreende enquanto um “corpo digital do rei” as intensas mobilizações dos eleitores de Bolsonaro, realizadas de forma virtual, para defender seus interesses, sua plataforma e suas candidaturas. Nesse sentido, desde as eleições de 2018 o populismo digital herdou um corpo digital que busca dar legitimidade aos atos do Governo Federal, bem como atacar aqueles e aquelas que estiverem contrários(as) à sua gestão (Cesarino, 2019).

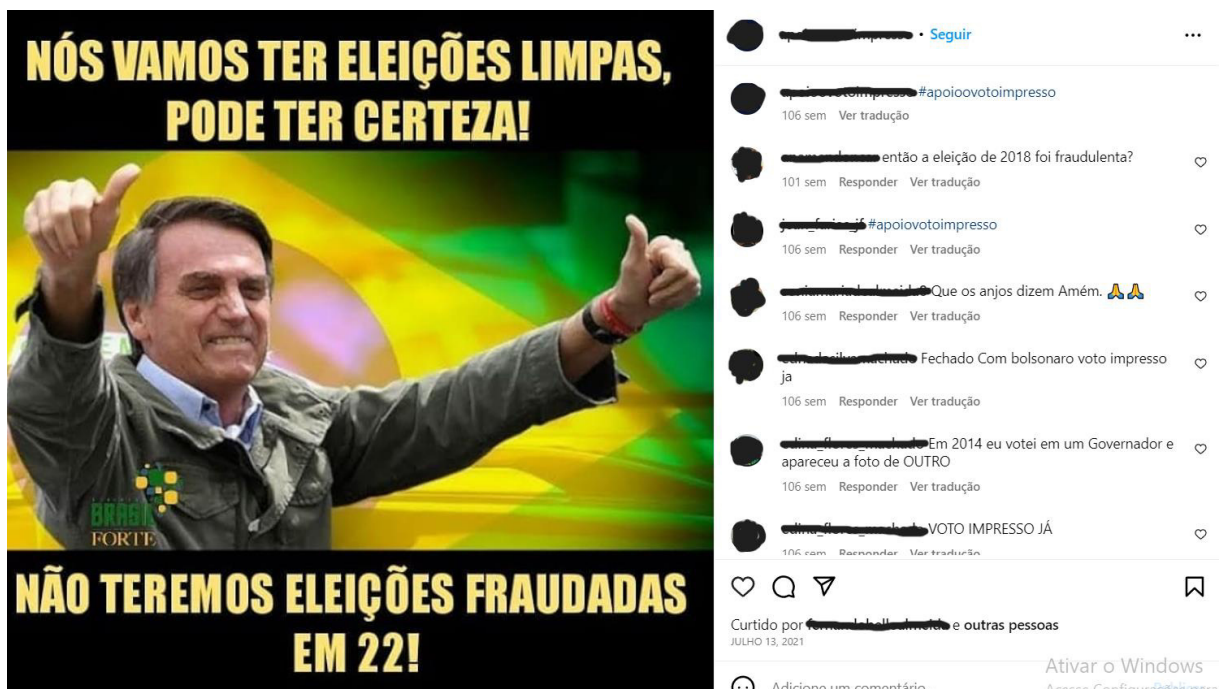


Fig. 2: Captura de tela retirada do marcador #apoioovotoimpresso (27 de julho de 2023).

O ataque ao sistema eleitoral, bem como a sua defesa, em razão de que Bolsonaro representou um dos candidatos mais fortes nas pesquisas de intenção de voto³, atravessa diretamente a importância de quem assumisse a Presidência da República no ano de 2023. As

³ Disponível em: <https://valor.globo.com/politica/eleicoes-2022/noticia/2022/10/21/qual-a-chance-debolsonaro-ganhar-as-eleicoes-2022.ghtml>. Acesso em: 27 jul. 2023.

eleições, dessa forma, podem ser “limpas” ou “fraudadas” na medida em que representam ou não o interesse de determinado grupo.

Em 30 de outubro de 2022, em seu segundo turno, foi realizada a 32ª eleição presidencial no Brasil, em que o candidato de esquerda Lula da Silva derrotou o seu maior oponente, o candidato de direita Jair Bolsonaro, assumindo a presidência da república brasileira. Com a insatisfação pelo resultado, partidários do candidato derrotado, incitados por ele próprio, invadiram, no dia 08 de janeiro de 2023, o Congresso Nacional, o Palácio do Planalto e o Supremo Tribunal Federal, localizados em Brasília, DF, alegando fraude nas eleições presidenciais de 2022, pedindo intervenção militar no país e promovendo destruição do patrimônio público, lesões corporais leves e graves, contudo, sem mortes. Se, em 2022, houveram “eleições fraudadas”, nesse sentido, como questiona um perfil nos comentários da postagem anterior (fig. 2), “então a eleição de 2018 foi fraudulenta?”.

Para o Ministro Gilmar Mendes, comentando, em seu voto na ADI 5889, acerca da última eleição presidencial no Brasil:

Tenho que as últimas eleições gerais fomentaram a desconfiança no pleito. A última eleição presidencial foi vencida por apertada maioria. Em razão das diferenças de fuso horário, o encerramento das votações no Acre ocorreu apenas após a totalização dos votos do restante do País. Assim, o primeiro resultado parcial divulgado definia o resultado do pleito. Esse contexto serviu para fomentar boatos de manipulação de resultados na janela entre o encerramento das eleições no horário de Brasília e a divulgação dos primeiros resultados.

Por sua vez, o Ministro Roberto Barroso, em seu voto, discordando das justificativas apresentadas na submissão da Emenda nº 24/2015, de autoria do Senador Aécio Neves, afirma que:

Mesmo que haja desconfiança por parte de alguns setores da sociedade e da classe política com relação à lisura da votação eletrônica, os dados concretos jamais demonstraram qualquer fraude em decorrência do uso de urnas eletrônicas. Muito pelo contrário: esse modelo de votação, introduzido aqui há mais de vinte anos, fez com que o Brasil se tornasse referência mundial no assunto. Nessa perspectiva, não há qualquer risco de fraude objetivamente evidenciado que justifique a introdução de um mecanismo adicional de fiscalização cuja operacionalização envolve grandes dificuldades e custos.

Ao defenderem o atual sistema eleitoral, decidindo sobre a inconstitucionalidade do voto impresso, os ministros do STF, que assumem, também, cadeiras no Tribunal Superior Eleitoral (TSE), se tornam alvos nas redes sociais, tal como demonstra a seguinte captura de tela:

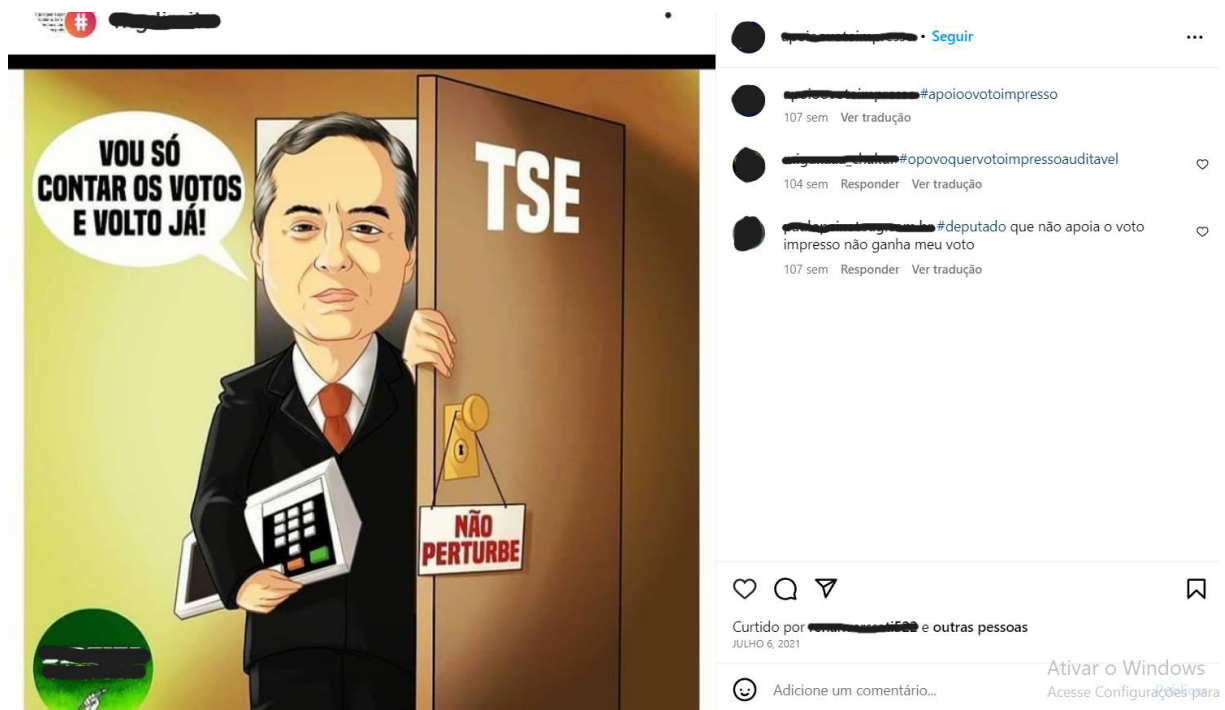


Fig. 3: Captura de tela retirada do marcador #apoioovotoimpresso (27 de julho de 2023).

O ciberativismo bolsonarista, dessa maneira, proporciona uma contramão ao considerado “ativismo judicial”, ao passo em que deslegitima a atuação do STF e dos seus ministros. Vale lembrar que, na invasão do STF, reportagens jornalísticas⁴ afirmaram que o maior alvo na época teria sido o Ministro Alexandre de Moraes, que ocupou a cadeira da Presidência do Tribunal Superior Eleitoral (TSE) em 2022 e que teve a sua porta arrancada de dentro do edifício do STF. Após isso, o Ministro Alexandre de Moraes promoveu uma série de determinações para apurar os acontecimentos ocorridos em Brasília e responsabilizar os indivíduos que participaram direta ou indiretamente das invasões, sendo considerado como o centralizador das investigações acerca dos atos antidemocráticos.

O mundo digital, especificamente as redes sociais, representam ambientes de intensa disputa política, influenciando não apenas a opinião pública, mas também o funcionamento das instituições e o rumo das eleições no Brasil. De acordo com o estudo “Pulso da Desinformação: Desinformação e democracia nas eleições presidenciais de 2022 no Brasil”⁵, realizado pelo Instituto Igarapé no ano de 2023:

O uso generalizado de redes sociais, plataformas de mensagens privadas e canais de comunicação online sem moderação testa os limites da governança democrática no mundo inteiro, incluindo o Brasil. O caso brasileiro, em

⁴ Disponível em: <https://orbi.band.uol.com.br/brasil/invasores-exibem-destruicao-de-sala-dealexandre-de-moraes-3081>. Acesso em: 27 jul. 2023.

⁵ Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/04/Pulso-da-Desinformacao.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.

particular, é um alerta sobre as ameaças digitais mais amplas que estão por vir, oferecendo lições práticas sobre como conter – e até mesmo reverter – os efeitos negativos da máquina global de desinformação. (p. 2)

Conclusões

“Liberdade” e “sigilo do voto” foram os principais argumentos trazidos pelo plenário do STF ao votar, de forma unânime, pela inconstitucionalidade do voto impresso na ADI 5889. “Cidadania e paz social, garantia de paz e prosperidade, de harmonia entre os Poderes”, foram os argumentos trazidos por Bolsonaro em uma live realizada no dia 29 de julho de 2021⁶. Tais categorias, de ambos os lados, encontram guarida na Constituição Federal, sejam garantias, sejam princípios fundamentais, contudo, na atual crise democrática, conceitos que antes pareciam sólidos acabam tornando-se maleáveis nas disputas políticas (anti)democráticas.

Como apontou Fraser (2020), adotar um pressuposto de crise infere o colapso de hegemonia da política tradicional global, que permite a entrada de novos atores na arena social e cultural instalada no âmago da disputa partidária, resultando no que se considera enquanto ascensão do neoliberalismo-reacionário. Nesta perspectiva, “o patriota” exsurge como uma figura messiânica disposta a se contrapor aos problemas hipotéticos da nação, dentre eles, o “ativismo judicial” de ministros e ministras do STF e as controvérsias que decorrem de suas decisões.

Tal como na gestão da pandemia, objeto do plano de trabalho anterior, as acusações contra o sistema eleitoral revelam sociabilidades virtuais, engrenagens de manipulação digital, disputas político-institucionais e polarizações dentro e fora de autos processuais. Quem decide sobre a crise no sistema eleitoral? Qual é a verdadeira democracia? Técnica ou populismo?

Essas contradições se aproximam das considerações de Cesarino (2021) acerca da pós-verdade e da crise do sistema de peritos, ou, do caos como método de gestão pública interpretado por Nobre (2020). Representam, etnograficamente, as rachaduras que existem nas relações políticas, sociais e culturais, que geram e negam direitos, que condenam e que absolvem sujeitos, que elegem e que tornam inelegíveis candidatos.

Mais do que decidir sobre liberdade e segurança no sistema eleitoral, discute-se quem e qual projeto de governo e de sociedade devem imperar no Brasil, se aquele que está

⁶ Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2021-07/presidente-defende-votoimpresso-nas-eleicoes-durante-live>. Acesso em: 27 jul. 2023.

“Fechado com Bolsonaro” (fig. 2) ou se aquele que expõe a fragilidade democrática da perspectiva conservadora e neoliberal no país. As *hashtags*, os perfis e as páginas de redes sociais simbolizam, portanto, algumas das engrenagens imersas nessa disputa, que devem estar sob constante escrutínio acadêmico e político.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Ana Lia Vanderlei. **Um estalo nas faculdades de direito: perspectivas ideológicas da assessoria jurídica universitária popular**. 2015. 342 fls. Tese (Doutorado em Direito). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB.

ALMEIDA, Ronaldo de. A onda quebrada: evangélicos e conservadores. **Cadernos Pagu**, n. 50. Campinas: 2017.

ALMEIDA, Ronaldo de. Bolsonaro presidente: conservadorismo, evangelismo e a crise brasileira. **Novos Estudos Cebrap**, v. 38, n. 01. São Paulo: 2019, pp. 185 – 213.

AVRITZER, Leonardo; MARONA, Marjorie Corrêa. Judicialização da política no Brasil: ver além do constitucionalismo liberal para ver melhor. **Revista Brasileira de Ciência Política**, nº 15. Brasília: 2014, pp. 69 – 94.

BARROSO, Luís Roberto. Judicialização, ativismo judicial e legitimidade democrática. **[Syn]Thesis**, Rio de Janeiro, vol.5, nº 1, 2012, p.23-32.

BIROLI, Flávia. (2018). Reação conservadora, democracia e conhecimento. **Revista De Antropologia**, 61(1), 83-94. <https://doi.org/10.11606/2179-0892.ra.2018.145515>.

BORGES, Priscila Rodrigues. **Cara de pele, efeito de pele: uma etnografia do debate sobre o uso de peles de animais nas indústrias do vestuário e da moda a partir da campanha Boicote Arezzo**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **ADI nº 5889/DF**. Relator: Ministro Gilmar Mendes. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5346547>. Acesso em: 27 jul. 2023.

CESARINO, Leticia. Identidade e representação no bolsonarismo: corpo digital do rei, bivalência conservadorismo-neoliberalismo e pessoa fractal. **Revista de Antropologia**, v. 62, n. 03. São Paulo: 2019, pp. 530 – 557.

CESARINO, Leticia. Pós-Verdade e a Crise do Sistema de Peritos: uma explicação cibernética. **Ilha**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 73-96, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/21758034.2021.e75630>.

EFREM FILHO, Roberto. “Os evangélicos” como nossos “outros”: sobre religião, direitos e democracia. **Religião & Sociedade**, v. 39, n. 03. Rio de Janeiro: 2019, pp. 124 – 151.

FRASER, Nancy. **O velho está morto e o novo não pode nascer**. São Paulo: Autonomia Literária, 2020.

LEITÃO, Débora K., & GOMES, Laura Graziela. (2018). Etnografia em ambientes digitais: perambulações, acompanhamentos e imersões. **Antropolítica - Revista Contemporânea De Antropologia**, 1(42). <https://doi.org/10.22409/antropolitica2017.1i42.a41884>.

LEWANDOWSKI, Andressa. Entre a política e a técnica: prática jurídica no Supremo Tribunal federal brasileiro. **Etnográfica**, 23 (02), 2019, pp. 299 – 322.

LEWANDOWSKI, Andressa. O direito através dos processos: notas sobre as práticas jurídicas no Supremo Tribunal Federal. **Anuário Antropológico**, v. 41, n. 02, 2016, pp. 157 – 177.

MIGUEL, Luis Felipe; BOGÉA, Daniel. O juiz constitucional me representa? O Supremo Tribunal Federal e a representação argumentativa. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 35, n. 104. São Paulo: 2020, e3510402.

NOBRE, Marcos. **Ponto-final: a Guerra de Bolsonaro contra a democracia**. Todavia: São Paulo, 2020.

A horizontal teal brushstroke with a textured, painterly appearance, serving as a background for the text.

ENGENHARIAS

ANÁLISE DE CONTROLADORES PREDITIVOS EM PLANTAS DE CAPTURA DE CARBONO

José Carlos Diniz Filho¹, Humberto Geraldo Lopes Fernandes Junior², Arioston Araujo Morais Junior³

RESUMO

Este estudo investiga a eficiência dos processos de captura e armazenamento de dióxido de carbono (CO₂) em indústrias pós-combustão, com foco na absorção química utilizando monoetanolamina (MEA). Estratégias avançadas de controle são essenciais para otimizar a operação e reduzir custos, sendo aplicadas em uma planta composta por absorvedor e regenerador. Controladores preditivos baseados em modelo (MPC) foram avaliados, incluindo DMC, QDMC e IHMPC-ED, com o objetivo de supervisionar a taxa de captura de CO₂ e a temperatura do regenerador. Os resultados indicaram que o IHMPC-ED se destacou, demonstrando uma rápida adaptação às mudanças no ponto de operação e uma capacidade precisa na rejeição de perturbações. Além disso, o critério ITAE confirmou sua superioridade em todos os cenários testados, consolidando-o como o controlador mais eficiente para otimização dos processos de captura de CO₂ em indústrias.

Palavras-chave: MPC. captura de carbono. DMC. QDMC. IHMPC-ED

¹ E-mail: carlosdeniz14@gmail.com autor

² E-mail: humberto.g.l.f.j@hotmail.com colaborador

³ E-mail: aamj@ct.ufpb.br orientador, Projeto: INTENSIFICAÇÃO DE PLANTAS DE CAPTURA DE CARBONO/Planta de Trabalho: ANÁLISE DE CONTROLADORES PREDITIVOS EM PLANTAS DE CAPTURA DE CARBONO, fapesq@fapesq.rpp.br. e (83) 99921-4203.

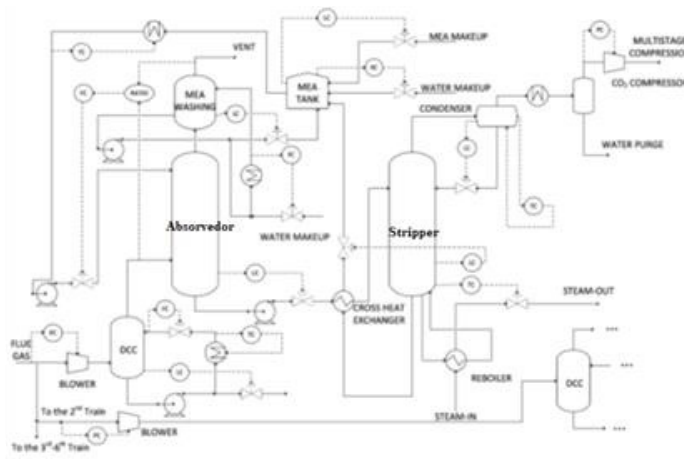
APRESENTAÇÃO

Dentre os processos existentes de captura e armazenamento de CO₂ pós-combustão (PCC), sabe-se que a tecnologia mais consolidada é a absorção, liderando as aplicações de Captura e Armazenamento de Carbono pós-combustão em 57% (Chao et al., 2021). A utilização de solventes químicos na absorção de CO₂, como solventes à base de aminas ou piperazina, é habitualmente utilizada em centrais de captura de carbono integradas em centrais eléctricas, onde se constatou que a monoetanolamina (MEA) apresenta o melhor desempenho. Porém, o processo requer uma grande quantidade de energia devido ao processo de regeneração do solvente (Wilbeforce et al., 2021; Knudsen et al., 2009).

Na realidade, a minimização dos impactos dos distúrbios que surgem na fase anterior a uma Planta de Captura de Carbono (PCC) pode ser alcançada por meio de abordagens como modelagem, otimização, simulação e controle (NITTAYA et al., 2014). Como resultado, estratégias avançadas de controle assumem um papel fundamental na otimização das operações do processo, permitindo a rejeição de distúrbios e a correção de alterações nos pontos de ajuste. Adicionalmente, é importante notar que a implementação de controle avançado traz consigo a possibilidade de reduzir os custos operacionais associados a esses processos (SALVINDER et al., 2019).

O objeto de estudo do trabalho é a planta de captura de CO₂ apresentada na Figura 1. Nesse processo, a carga de combustão da usina de energia (*Flue gas*) passa por um resfriador de contato direto (DCC) para diminuir a temperatura da alimentação de gás usando água circulante. O gás de combustão passa então em contracorrente com o solvente pobre (MEA) no absorvedor que reage com o CO₂.

Figura 1 - Fluxograma de uma PCC. Fonte: Adaptada de BHATTACHARYYA et al. (2016).



O gás de combustão limpo então entra na seção de lavagem MEA para minimizar a perda de solvente por recuperado, que é reciclado de volta para o absorvedor e à seção de lavagem de MEA. Na parte inferior do absorvedor, solvente rico é bombeado para o topo da stripper através de um trocador de calor no qual o solvente rico é pré-aquecido a uma temperatura próxima à temperatura de operação da desabsorvedora, e o solvente pobre é posteriormente resfriado. A taxa de captura de CO₂ (% CC) é controlada com um controle razão entre a vazão de CO₂ do *flue gas* e a vazão que CO₂ sai do sistema de lavagem (*MEA Washing*), manipulando-se a vazão de solvente recuperado. O consumo energético para a remoção de CO₂ é significativa, haja vista que vapor de baixa pressão deve ser fornecido para regenerar o solvente no refeedor da torre de stripper. Por isso, a temperatura do refeedor (T_{REB}) é uma variável controlada por realimentação, sendo o vapor que deixa o refeedor a variável manipulada.

Assim, este trabalho tem por objetivo desenvolver controladores preditivos baseados em modelo (MPC) multivariáveis para controlar variáveis chave do processo de captura de CO₂, tais como o percentual de captura de CO₂ (%CC) e a temperatura do refeedor da torre recuperada de solvente (T_{REB}). Os MPC's, desenvolvidos através dos algoritmos lineares da matriz dinâmica de controle (DMC) e do Controle por Matriz Dinâmica com Programação Quadrática (QDMC) e o Controlador preditivo do modelo de horizonte infinito estendido com mensuração dos distúrbios (IHMPC-ED).

FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

As emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) em usinas de combustíveis fósseis são um desafio crítico e que exigem a implementação imediata da tecnologia de Captura e Armazenamento de Carbono (CCS) para cumprir as metas de redução de emissões (Global CCS Institute, 2018; IPCC, 2023). Dentre os métodos de captura e armazenamento de CO₂ pós-combustão (PCC), a absorção química com solventes amínicos se destaca, respondendo por 57% das aplicações (Chao et al., 2021). No entanto, o processo exige alto consumo de energia na regeneração do solvente por desabsorção (Wilbforce et al., 2021; Knudsen et al., 2009).

É essencial desenvolver modelos em regime transiente para avaliar o desempenho dinâmico de uma planta PCC, mas apesar de serem amplamente estudados, os modelos

matemáticos são geralmente validados em estado estacionário, negligenciam as condições transiente e distúrbios operacionais (Jaya et al., 2013; Bui et al., 2014). A modelagem da absorção química é geralmente feita por duas abordagens: modelos baseados em equilíbrio, mais comum na indústria por sua simplicidade (Tsay et al., 2019); e modelos baseados em taxas (*rated-based model*), que oferecem maior precisão (Zhang et al., 2009). A complexidade das reações químicas é um fator crítico na classificação dos modelos baseados em taxas (Chatziasteriou et al., 2022). O uso de softwares, como, por exemplo, o Aspen DynamicsTM, tornou mais precisa a modelagem e a simulação, através da abordagem rigorosa baseada em taxas. Alguns estudos usam os resultados das simulações baseadas em taxas para aprimorar parâmetros, como a eficiência de Murphree, nos modelos baseados em equilíbrio (Robinson & Luyben, 2010; Trapp et al., 2015; Zhang et al., 2016). Outros trabalhos implementaram modelos dinâmicos baseados em taxas usando softwares customizados, por exemplo, o Aspen Custom Modeler, Matlab® e o gPROMS® (Posch e Haider, 2013; Shen et al., 2019; Harun et al., 2019; Nittaya et al., 2014a, 2014b; Shalaby et al., 2021). Alguns trabalhos usam modelos identificados para descrever a dinâmica, aplicando algoritmos de otimização e estratégias de controle através de funções de transferência, modelos de espaço de estados e algoritmos de aprendizado de máquina (Zhang et al., 2016; Dai et al., 2017; Liang et al., 2018).

Além dos desafios relacionados à modelagem, as unidades de PCC por absorção apresentam características multivariáveis, não linearidades, efeito bola de neve e grandes interações no processo (Luyben et al., 2016). Portanto, as estratégias de controle desempenham um papel crucial na otimização, rejeição de distúrbios e redução dos custos operacionais. Diversas estratégias têm sido propostas para controlar variáveis-chave do processo, tais como a taxa de captura de carbono (%CC) e a temperatura do refulverdor (T_{reb}) em um PCC, sendo comum manipular a vazão de amina pobre e a vazão de vapor do refulverdor para controlar, respectivamente, a %CC e T_{reb} (Lin et al., 2012 a). Com essa estratégia, Gaspar et al. (2015) introduziram perturbações abruptas, variando a vazão de vapor do refulverdor, vazão de amina pobre e vazão de pós-combustão em até $\pm 30\%$. Nittaya et al. (2014 a, b) propuseram três esquemas de controle sujeitos a alterações nos pontos de referência da %CC e perturbações nas condições de operação de pós-combustão (vazão e composição). O estudo concluiu que a estratégia definida por Lin et al. (2012 a) resultou em respostas mais rápidas para rejeitar distúrbios e rastrear os pontos de referência do que outras duas estruturas de controle estudadas.

As estratégias de controle citadas nos trabalhos anteriores se baseiam na ação de controle PID (proporcional-integral-derivativa) do tipo realimentação, razão, cascata e/ou cascata-razão,

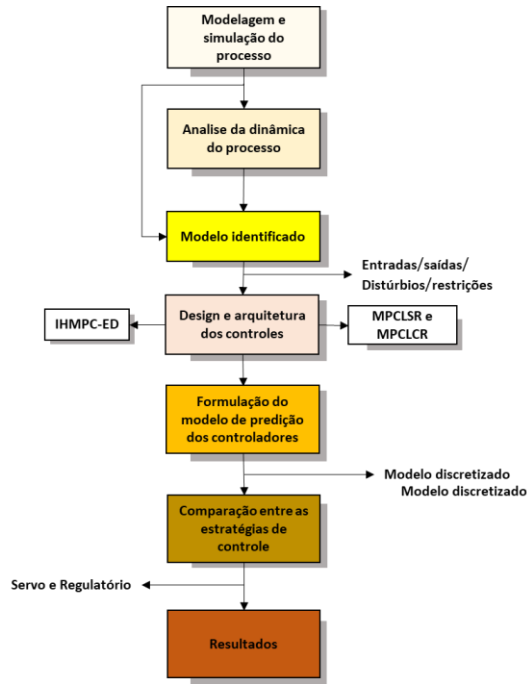
para lidar com o problema multivariável. Entretanto, essas estratégias não assumem restrições nas variáveis controladas e manipuladas, regulamentações ambientais, mensuração de distúrbios e penalidades energéticas ou econômicas (Salvinder et al., 2019; Zhang et al., 2022). Para superar esses problemas o Controle Preditivo baseado em Modelo (MPC) é utilizado efetivamente em sistemas de captura de CO₂ (Cormos et al., 2015; Zhang et al., 2016). A maioria dos MPCs é aplicado usando modelos lineares contínuos ou discretos, que incluem funções de transferência, espaço de estado e modelos de média móvel autorregressivo com variáveis exógenas (ARMAX) (Arce et al., 2012; Panahi e Skogestad, 2012; Sahraei e Ricardez-Sandoval, 2014; Wu et al., 2018; Mehleri et al., 2019). Modelos não lineares, baseados em sistemas inteligentes ainda possuem poucas ou raras aplicações (Zhang et al., 2018).

O MPC tem se mostrado eficaz na gestão de sistemas de captura de CO₂, embora muitos desafios permaneçam no desenvolvimento de estratégias de controle avançadas que considerem de maneira abrangente as complexidades do processo (He et al., 2018). Recetemente, Tang & Wu (2023) propuseram um MPC inteligente de controle distribuído para uma unidade de PCC, apesar da relevância do trabalho, limitam-se ao uso de redes neurais sem características recorrentes e um algoritmo de MPC sem horizontes infinitos. Fica evidenciado que os trabalhos com MPC para PCC consideram os modelos de referência sem a mensuração dos distúrbios, variáveis de folga e/ou não consideram dinâmica não-linear

METODOLOGIA

A metodologia aplicada no trabalho foi desenvolvida em etapas, que incluem: a) Identificação do processo; b) formulação e implementação de controladores preditivos em malha multivariável 2x2; c) Inserção de distúrbio, mudança de *setpoint* e análise do desempenho dos controladores.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia



Identificação do Processo

Bhattacharyya et al. (2016) e Zang et al. (2018) relatam que simuladores de processos, como o Aspen DynamicsTM, apresentam falhas de convergência na simulação dinâmica da Figura 1. Isso ocorre principalmente por causa da rigidez no sistema de equações (taxas de reações de reações iônicas rápidas, em particular) de sistemas eletrolíticos. Por isso, os autores recorreram à identificação do processo, onde pode ser usada a ferramenta “identificação do sistema” do MATLAB®, onde foram gerados Sinais Binários Aleatórios (PRBS) no Aspen DynamicsTM, com sinal de valor aleatório entre 0 e 1, na vazão de *flue gas* (u_1), composição de gás de CO₂ no *flue gas* (u_2), vazão de solvente pobre (u_3), vazão de vapor de saída do refulvedor (u_4) e na vazão de solvente rico (u_5). A % CC (y_1) e T_{REB} (y_2) foram identificados como modelos de primeira ordem com tempo morto, conforme as equações (1) e (2).

$$\begin{aligned}
 y_1(s) = & \frac{-21.653}{1 + 0.062988s} u_1(s) + \frac{-302.49}{1 + 0.37979} u_2(s) + \frac{6.0431}{1 + 0.055696s} u_3(s) \\
 & + \frac{23.694 + 4.2616s}{1 + 1.173s} u_4(s) \\
 & + \frac{3.5348 - 0.95687s}{1 + 0.47089s} e^{-0.001s} y_2(s)
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
y_2(s) = & \frac{0.353 + 307.76s}{1 + 817.04s} u_1(s) + \frac{-26.945 + 8.11s}{1 + 0.71962s} u_2(s) \\
& + \frac{-286.2 + 494.22s}{1 + 4125.9s} u_3(s) + \frac{10.461}{1 + 0.3176s} u_4(s) \\
& + \frac{-1.5493 + 0.00622s}{1 + 0.38404s} u_5(s) \\
& + \frac{0.0189 + 0.00218s}{1 + 0.04751s} e^{-0.001s} y_1(s)
\end{aligned} \tag{2}$$

Estratégias de Controle Propostas

Com base nas contribuições de Nittaya *et al.* (2014) e Bhattacharyya *et al.* (2016), este trabalho propõe as seguintes malhas de controle:

Tabela 1 - Malhas de controle estudadas.

Pares de variáveis	Variável de processo (PV)	Variável manipulada (MV)
1	y_1 (%CC)	u_3 ($F_{lensolv}$)
2	y_2 (T_{reb})	u_4 (F_{steam})

Controlador preditivo de modelo linear avançado irrestrito (MPCLSR)

O primeiro dos controladores avançados desenvolvidos foi um Controle preditivo de modelo linear (MPCLSR). O MPCLSR usa o algoritmo Matriz Dinâmica de controle (DMC) para o caso MIMO, um sistema multivariável (nu duas entradas, ny duas saídas) cuja função objetivo é representada pela Eq. (7) (Camacho e Bourdons, 1998; Ricker, N.L. 1991).

$$\min j = e^T W e + \Delta u^T R \Delta u \tag{7}$$

produto entre a matriz de ponderação (W) e o erro (e) é dado pela Eq. (7):

$$W e = -W A \Delta u + W e' \tag{8}$$

Onde: R: matriz de fatores de supressão que pondera as variações de Δu ; A: matriz dinâmica, dimensão $R \times L$; Δu : vetor de ações de controle futuras, dimensão $L \times 1$; P: vetor de previsões resultantes de ações de controle passadas; R: matriz de fatores de supressão que pondera as variações de Δu ; e: vetor de erro entre os valores previstos e o set point, $e_k = y_k^{sp} - y_k$ e $e' = e_k - P$, $R \times 1$ dimensão.

O mínimo da Eq. (6) resulta na Eq. (8) que é o algoritmo DMC clássico para sistemas MIMO, onde as ações de controle podem ser estendidas para $\Delta u(k) = [\Delta u(k) \dots \Delta u(k + H_c - 1)]^T$. No entanto, apenas a primeira variação de entrada do vetor, Eq. (8), é implementado. Segundo Garcia e Morshedi (1986), a escolha do horizonte de tempo R como $R = H_c + L$ geralmente resulta em um controlador estável. Garcia et al. (1989) simplesmente afirmam que para H_c suficientemente pequeno e R suficientemente grande o sistema em malha fechada é estável. A lei de controle, Eq. (6), fornece uma ação de controle muito forte que é melhorada pela introdução de termos de ponderação como na Eq. (7). Li et al. (1989) assumem $L \geq R$ e Camacho e Bordons (1998) escolhem $L \gg R$. Soeterboek (1992) mostra que o horizonte de previsão deve ser maior quando as restrições estão presentes.

$$\Delta u(k) = (A^T W^T W A + R)^{-1} A^T e \quad (9)$$

Controlador preditivo de modelo linear avançado restrito (MPCLCR)

O tratamento das restrições (soft, que pode ser violado, e hard) não foi completamente satisfatório no DMC original, neste artigo expresso como MPCLSR. Garcia e Morshedi (1986) desenvolveram uma solução de programação quadrática para o problema DMC, o algoritmo Quadrático Dynamic Matrix Control (QDMC). Portanto, nosso segundo controlador é um Controlador Preditivo de Modelo Linear Avançado Restrito (MPCLCR) que usa o algoritmo QDMC. O problema pode ser assim formulado como quadrático, como a programação (Odloak & Kwong, 2019; Bhattacharyya et al., 2016; e He et al., 2018):

$$\min_{\Delta u} J = \frac{1}{2} \Delta u^T H \Delta u + c^T \Delta u \quad (10)$$

sujeito às restrições Eq. (11), (12) e (13). H é a matriz Hessiana (em geral fixa) e c é o vetor gradiente, respectivamente, igual à Eq. (14) e Eq. (15)

$$u_{min} \leq u \leq u_{max} \quad (11)$$

$$-\Delta u_{max} \leq \Delta u \leq \Delta u_{max} \quad (12)$$

$$y_{min} \leq y \leq y_{max} \quad (13)$$

$$H = (A^T W^T W A + R) \quad (14)$$

$$c^T = e^T W^T W A \Delta u \quad (15)$$

Este problema quadrático foi resolvido eficientemente por sub-rotinas numéricas baseadas em gradientes conjugados com o software Matlab-R2022a® (Camacho e Bordons 1998; Fletcher 1991).

Controlador preditivo do modelo de horizonte infinito estendido com mensuração dos distúrbios (IHMPC-ED)

Considerando uma transferência MIMO (múltiplas entradas / múltiplas saídas) com n_u entradas e n_y saídas. Onde considera a função de transferência que relaciona a entrada u_j e d_j à saída y_i e y_d , para o processo com para os distúrbios. A função de transferência no domínio de Laplace, s , é apresentada como (ODLOAK, 2004):

$$G_{i,j}(s) = \frac{y_i}{u_j} = \frac{b_{i,j,0} + b_{i,j,1}s + \dots + b_{i,j,n_b}s^{n_b}}{1 + a_{i,j,0}s + \dots + a_{i,j,n_a}s^{n_a}} \quad (16)$$

$$Gd_{i,g}(s) = \frac{y_i}{d_i} = \frac{b_{i,g,0} + b_{i,g,1}s + \dots + b_{i,g,n_p}s^{n_p}}{1 + a_{i,j,0}s + \dots + a_{i,j,n_a}s^{n_a}} \quad (17)$$

Já para os distúrbios de modo semelhante:

$$s_{i,j}(t) = \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{b_{i,j,0} + b_{i,j,1}s + \dots + b_{i,j,n_b}s^{n_b}}{s(s - p_{i,j,1})(s - p_{i,j,2})(s - p_{i,j,n_a})} \right]$$

$$s_{i,g}(t) = \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{b_{i,g,0} + b_{i,g,1}s + \dots + b_{i,g,n_p}s^{n_p}}{s(s - p_{d_i,j,1})(s - p_{i,j,2})(s - p_{i,j,n_c})} \right]$$

Onde $\{n_a, n_b \in \mathbb{N} \mid n_b < n_a \text{ e } n_c, n_p \in \mathbb{N} \mid n_p < n_c\}$, e sua etapa correspondente resposta na etapa de tempo k , para um período de amostragem T , é dada por (ODLOAK, 2004; PATARO, 2022):

$$S_{i,j}(k) = d_{i,j}^0 + \sum_{l=1}^{n_a} [d_{i,j,l}^d] e^{p_{i,j,l}kT} \quad (18)$$

$$S_{i,g}(k) = d_{i,g}^{0,d} + \sum_{l=1}^{n_c} [d_{i,g,l}^{d,d}] e^{p_{d_i,g,l}kT} \quad (19)$$

Com base de Eq. (2), segundo (Martins and Odloak, 2016; PATARO, 2022), o modelo de espaço de estado equivalente para a forma incrementadas entradas e perturbações medidas é expressa em Eqs. (3) e (4).

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x^s(k+1) \\ x^d(k+1) \\ x_a(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{n_y} & 0 & 0 \\ 0 & F & 0 \\ 0 & 0 & F_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x^s(k) \\ x^d(k) \\ x_a(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D^0 \\ D^d FN \\ 0 \end{bmatrix} \Delta u(k) + \begin{bmatrix} D_d^0 \\ 0 \\ D_d^d F_d N_d \end{bmatrix} \Delta d(k) \quad (20)$$

$$x^s(k+1) = x^s(k) + D^0 \Delta u(k) + D_d^0 \Delta d(k)$$

$$x^d(k+1) = F x^d(k) + D^d FN \Delta u(k)$$

$$x_a(k+1) = F_d x_a(k) + D_d^d F_d N_d \Delta d(k)$$

$$y(k) = [I_{ny} \quad \Psi \quad \Psi_d] \begin{bmatrix} x^s(k) \\ x^d(k) \\ x_d(k) \end{bmatrix} \quad (21)$$

Sendo

$$x^s = [x_1 \dots x_{ny}]^T, x^s \in \mathbb{R}^{ny}$$

$$x^d = [x_{ny+1} \dots x_{ny+nd}]^T, x^d \in \mathbb{C}^{nd}$$

$$nd = nunany$$

$$ndw = nwnany$$

$$D^0 \triangleq \begin{bmatrix} d_{1,1}^0 & \dots & d_{1,nu}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{ny,1}^0 & \dots & d_{ny,nu}^0 \end{bmatrix}, D^0 \in \mathbb{R}^{ny \times nu}$$

$$D_d^0 \triangleq \begin{bmatrix} d_{1,1}^{0,d} & \dots & d_{1,nw}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{ny,1}^{0,d} & \dots & d_{ny,nw}^0 \end{bmatrix}, D^0 \in \mathbb{R}^{ny \times nw}$$

$$D^d \triangleq \text{diag}(d_{1,1,1}^d \dots d_{1,1,na}^d \dots d_{1,2,1}^d \dots d_{1,2,na}^d \dots$$

$$d_{2,1,1}^d \dots d_{2,1,na}^d \dots d_{ny,1,1}^d \dots d_{ny,1,na}^d \dots d_{ny,nu,1}^d \dots d_{ny,nu,na}^d)$$

$$D^d \in \mathbb{C}^{nd \times nd}$$

$$F \triangleq \text{diag}(e^{p_{1,1,1}KT} \dots e^{p_{1,1,na}KT} \dots e^{p_{1,nu,1}KT} \dots e^{p_{1,nu,na}KT} \dots$$

$$e^{p_{ny,1,1}KT} \dots e^{p_{ny,1,na}KT} \dots e^{p_{ny,nu,1}KT} \dots e^{p_{ny,nu,na}KT})$$

$F \in \mathbb{C}^{nd \times nd}$ Matriz dos componentes dinâmicos do sistema

$$F_d \triangleq \text{diag}(e^{pd_{1,1,1}KT} \dots e^{pd_{1,1,na}KT} \dots e^{pd_{1,nw,1}KT} \dots e^{pd_{1,nw,na}KT} \dots$$

$$e^{pd_{ny,1,1}KT} \dots e^{pd_{ny,1,na}KT} \dots e^{pd_{ny,nu,1}KT} \dots e^{pd_{ny,nu,na}KT})$$

$F_d \in \mathbb{C}^{ndw \times ndw}$ Matriz dos componentes dinâmicos do sistema par os distúrbios

$$\Psi = \begin{bmatrix} \phi & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \phi \end{bmatrix}, \Psi \in \mathbb{R}^{ny \times nd}$$

$$\Psi_d = \begin{bmatrix} \phi & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \phi \end{bmatrix}, \Psi_d \in \mathbb{R}^{ny \times ndw}$$

$$N = \begin{bmatrix} j_1 \\ \dots \\ j_{ny} \end{bmatrix}, N \in \mathbb{R}^{ny \times nd}$$

$$j_i \triangleq \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, j_i \in \mathbb{R}^{nuna \times nu}$$

$$N_d = \begin{bmatrix} j_1 \\ \dots \\ j_{ny} \end{bmatrix}, N \in \mathbb{R}^{ny \times ndw}$$

$$j_i \triangleq \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, j_i \in \mathbb{R}^{nwna \times nw}$$

$$\phi = [1 \dots 1], \phi \in \mathbb{R}^{nu \times na}$$

$$\phi_d = [1 \dots 1], \phi_d \in \mathbb{R}^{nw \times na}$$

Onde o MPC de horizonte infinito estendido é baseado na seguinte função custo:

$$V_k = \sum_{j=0}^{\infty} [e(k+j) - \delta_k]^T Q [e(k+j) - \delta_k^s] + \sum_{j=0}^{m-1} \Delta u(k+j)^T R \Delta u(k+j) + \delta_k^T S \delta_k + x_d(k+j)^T \bar{Q}_{di} x_d(k+j) \quad (22)$$

Sendo $\delta_k \in \mathbb{R}^{ny}$ o vetor das variáveis de folga que permite maior grau de liberdade para a solução do problema dentro da região viável U , S é uma matriz de peso, positiva e definida.

A partir das definições e equações anteriores a função custo assume a seguinte forma:

$$V_{k2} = \sum_{j=0}^m [e(k+j) - \delta_k]^T Q [e(k+j) - \delta_k^s] + x^d(k+j)^T \bar{Q} x^d(k+j) + \sum_{j=0}^{m-1} \Delta u(k+j)^T R \Delta u(k+j) + \delta_k^T S \delta_k + x_d(k+j)^T \bar{Q}_{di} x_d(k+j) \quad (23)$$

em que a matriz de pesos terminais \bar{Q} e \bar{Q}_{di} são a solução da equação de Lyapunov (Pataro et al., 2022),

$$\bar{Q} - F^T \bar{Q} F = F^T \Psi^T Q \Psi F \quad (24)$$

$$\bar{Q}_{di} - F^{diT} \bar{Q}_{di} F^{di} = F^{diT} \Psi^{diT} Q \Psi^{di} F^{di} \quad (25)$$

O estado $x^d(k+m)$ e obtido pela seguinte equação:

$$x^d(k+m) = F_x x^d(k) + F_u \Delta u_k \quad (26)$$

$$\begin{bmatrix} x^d(k+1) \\ x^d(k+2) \\ \vdots \\ x^d(k+m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F \\ F^2 \\ \vdots \\ F^m \end{bmatrix} x^d(k) + \begin{bmatrix} I & 0 & \cdots & 0 \\ F & I & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F^{m-1} & F^{m-2} & \cdots & I \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} D^d N & 0 & \cdots & 0 \\ F & D^d N & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & D^d N \end{bmatrix} \Delta u_k$$

Já estado $x^s(k+m)$ e obtido pela seguinte equação:

$$x^s(k+j) = x^s(k) + [D^0 \ D^0 \ D^0 \ \dots \ D^0] \begin{bmatrix} \Delta u(k) \\ \Delta u(k+1) \\ \Delta u(k+2) \\ \vdots \\ \Delta u(k+m-1) \end{bmatrix} + [D_d^0 \ D_d^0 \ D_d^0 \ \dots \ D_d^0] \begin{bmatrix} \Delta d(k) \\ \Delta d(k+1) \\ \Delta d(k+2) \\ \vdots \\ \Delta d(k+m-1) \end{bmatrix} \quad (27)$$

A função custo escrita da seguinte forma agora:

$$V_k = [\Delta u_k^T \ \delta_k^T] H \begin{bmatrix} \Delta u_k \\ \delta_k \end{bmatrix} + 2c_f^T [\Delta u_k \ \delta_k] + c \quad (28)$$

Onde

$$H = \begin{bmatrix} (D_m^0 + \Psi_1 F_u)^T Q_1 (D_m^0 + \Psi_1 F_u) + F_u^T Q_2 F_u + R_1 & -(D_m^0 + \Psi_1 F_u) Q_1 \bar{I} \\ -\bar{I}^T Q_1 (D_m^0 + \Psi_1 F_u) & S + \bar{I}^T Q_1 \bar{I} + Q_1 \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$c_{ff} = (D_m^0 + \Psi_1 F_u)^T Q_1 [\bar{I} e^s(k) + \Psi_1 F_x x^d(k)] + (D_m^0 + \Psi_1 F_u)^T Q_1 (D_{dm}^0 + \Psi_d F_{du}) \Delta d \\ + (D_{dm}^0 + \Psi_{d1} F_{du})^T Q_1 [\Psi_{d1} F_{dx} x_d(k)] + F_u^T Q_2 [F_x x^d(k)]$$

$$c_f = \begin{bmatrix} c_{ff} \\ -\bar{I}^T Q_1 [\bar{I} e^s(k) + \Psi_1 F_x x^d(k)] + Q e(k) \end{bmatrix} \quad (30)$$

$$\bar{I} = \begin{bmatrix} I_{ny} \\ \vdots \\ I_{ny} \end{bmatrix}, \bar{I} \in \mathbb{R}^{mny \times ny}$$

$$Q_1 = \text{diag} \left[\overbrace{[Q \ \dots \ Q]}^m \right] \quad Q_2 = \text{diag} \left[\overbrace{[0 \ \dots \ 0 \ \bar{Q}]}^m \right]$$

$$R_1 = \text{diag} \left[\overbrace{[R \ \dots \ R]}^m \right] \quad \Psi_1 = \text{diag} \left[\overbrace{[\Psi \ \dots \ \Psi]}^m \right]$$

$$e^s(k) = x^s(k) - y^{sp} \quad (31)$$

Finalmente, o problema de otimização de controle da extensão MPC de horizonte infinito (IHMPC-ED) pode ser formulado como:

$$\min_{\Delta u_k, \delta_k} V_k = [\Delta u_k^T \ \delta_k^T] H \begin{bmatrix} \Delta u_k \\ \delta_k \end{bmatrix} + 2c_f^T [\Delta u_k \ \delta_k] + c$$

Sujeito a:

$$\Delta u(k+j) \in U \quad j \geq 0$$

$$e^s(k) - \delta_k + \tilde{D}^0 \Delta u + \tilde{D}_d^0 \Delta d = 0$$

$$U = \left\{ \Delta u(k+j) \left| \begin{array}{l} -\Delta u_{max} \leq \Delta u(k+j) \leq \Delta u_{max} \\ \Delta u(k+j) = 0 \quad j \geq m \\ u_{min} \leq u(k-1) + \sum_{i=0}^j \Delta u(k+i) \leq u_{max} \quad j = 0, 1, \dots, m-1 \end{array} \right. \right\}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados os principais resultados da aplicação de controladores preditivos na planta de captura de carbono.

Os controladores foram implementados com o software Matlab-R2022a® para-PCC, onde os parâmetros L (horizontes de previsão), R (horizontes de controle), N (estabilização), T (tempo de amostragem), Q (matriz de ponderação nas variáveis de saída) R (matriz de ponderação na ação de controle) e S (matriz de ponderação na variável de folga) conforme indicado na Tabela 2. Além disso, a tabela 3 contém as restrições utilizadas para os controladores MPCLCR, MPCLSR e IHMPC-ED.

Tabela 2 – Parâmetros de sintonia dos controladores utilizados

Controladores	Horizontes	Matrizes de ponderação
MPCLSR	L=18, R=30	Q=[1;1], R=[1;1] e N=80;
MPCLCR	L=18, R=30	Q=[1;1], R=[1;1] e N=80;
IHMPC-ED	L=1	Q=[1;1], R=[1;1] e S=[1e6;1e6],

Tabela 3 - Restrições usadas para o MPCLCR e IHMPC-ED.

Variáveis	y (range)	Δu_{max}	u (range)
Restrições	(70 a 100) (%CC) (100 a 130 °C) (T_{reb})	1,5	(0 a 20 kmol/s) ($F_{lensolv}$) (0 a 3 kom/s) (F_{steam})

Os gráficos das Figura 4 (a) e (b) apresentam o comportamento da %CC e de T_{REB} , em resposta às variações no ponto ótimo de operação para a taxa de captura de CO₂. Ao analisar esses gráficos, observa-se que tanto o controlador DMC quanto o MPCLCR e o IHMPC-ED seguem trajetórias semelhantes ao novo ponto de operação quando são aplicadas as alterações na taxa de captura de CO₂.

No entanto, é importante destacar que os controladores MPCLSR e MPCLCR demonstraram um desempenho inferior em comparação ao IHMPC-ED. Especificamente, o

controlador MPCLSR, que é linear, apresentou o pior desempenho entre todos os controladores avaliados. Isso se traduziu em tempos mais longos de estabilização das respostas e maior dificuldade em acompanhar as modificações no ponto de operação. Além disso, o controlador MPCLSR teve um impacto mais pronunciado na dinâmica da temperatura, resultando em alterações mais significativas na temperatura em comparação com os outros controladores.

Por outro lado, o IHMPC-ED destacou-se como o controlador superior em relação aos demais. Ele foi capaz de responder quase imediatamente às modificações, demonstrando uma capacidade notável de acompanhar as mudanças. Isso ressaltou a eficácia do IHMPC-ED em lidar com as variações de maneira ágil e precisa.

Figura 3 - Análise transiente da PCC, mudanças no setpoint %CC

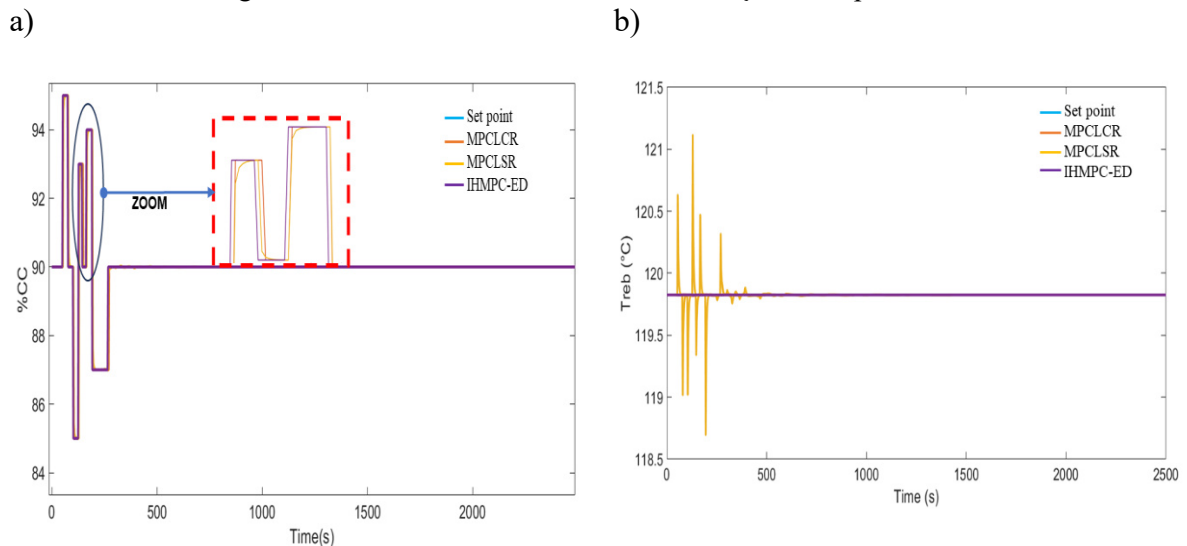
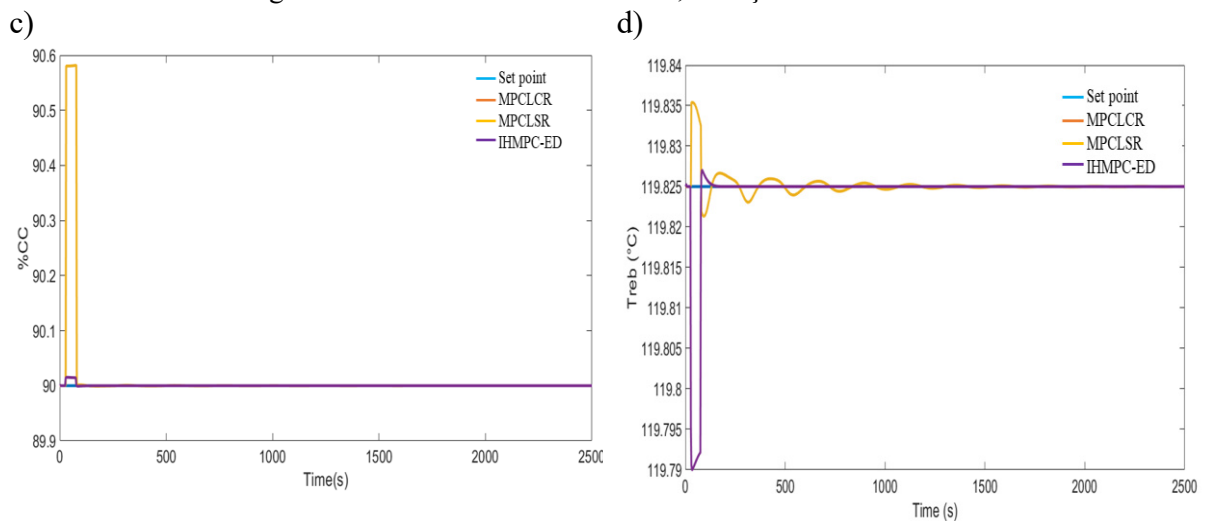


Figura 4 - Análise transiente da PCC, inserção de distúrbios.



De acordo com a análise dos gráficos apresentados nas Figuras 5 (c) e (d), foram introduzidas mudanças no tipo de perturbação, com variações de -10% na vazão de entrada (u1)

e na composição de entrada (u_2). A observação dos resultados das Figuras 5 (a) e (b) revela que os controladores MPCLSR e MPCLCR apresentaram um comportamento semelhante ao lidar com a rejeição da perturbação, demonstrando um desempenho satisfatório. No entanto, o IHMPC-ED se destacou entre os demais controladores, exibindo uma sobrelevação significativamente menor. Isso enfatiza ainda mais a eficácia do IHMPC-ED em comparação com as estratégias convencionais.

Para uma avaliação quantitativa, foi utilizado o critério da integral do erro absoluto multiplicado pelo tempo (Integral of Time-weighted Absolute Error - ITAE), calculado como a média ao longo de todo o período de simulação, conforme detalhado na Tabela 4. A partir desses resultados, fica evidente que o IHMPC-ED apresentou valores menores de ITAE em todos os casos analisados, reforçando sua superioridade em relação aos demais controladores.

Tabela 4 - Desempenho dos controladores pelo critério ITAE.

Controladores	Setpoint (%CC)		Distúrbio (u_1 e u_2)	
	%CC	Treb	%CC	Treb
MPCLCR	370.32	35.241	39.647	56.449
MPCLSR	383.19	63.425	44.593	68.123
IHMPC-ED	5.3222	0.0060403	0.59466	0.26872

CONCLUSÃO

Nas plantas de captura de CO₂, os processos são complexos e não lineares, levando a desvios entre previsões de simuladores e realidade, prejudicando decisões baseadas em simulações. A identificação do modelo é solução, criando modelos matemáticos que representem melhor o comportamento real. Identificando parâmetros e características do sistema, ajusta-se modelos para refletir interações e características específicas das plantas de captura de CO₂, melhorando a fidelidade das simulações e possibilitando decisões mais confiáveis.

Ao avaliar resultados das análises dos gráficos nas Figuras 4 e 5, o Controle Preditivo Baseado em Modelo (MPC) destaca-se para enfrentar desafios complexos da captura de CO₂ e controle eficiente dos processos. Nas Figuras 4 (a) e (b), os controladores MPCLSR, MPCLCR e IHMPC-ED seguem padrões ao novo ponto de operação após mudanças na taxa de captura

de CO₂. No entanto, MPCLSR e MPCLCR têm desempenho inferior ao IHMPC-ED. O MPCLSR, por ser linear, tem estabilização lenta e dificuldade em se ajustar a alterações no ponto de operação, impactando a dinâmica da temperatura.

O IHMPC-ED destaca-se como controlador mais eficaz entre as estratégias avaliadas. Responde rapidamente às mudanças, sendo ágil e preciso na adaptação, superando abordagens convencionais. Nas Figuras 5 (c) e (d), o IHMPC-ED tem menor sobrelevação comparado a outros controladores, evidenciando sua superioridade. Resultados quantitativos, expressos no critério ITAE da Tabela 4, corroboram sua excelência.

Em síntese, o IHMPC-ED demonstra consistentemente excepcional capacidade de proporcionar controle preciso e ágil em ambientes desafiadores, emergindo como solução altamente promissora para otimização de processos de captura de CO₂ e suas aplicações correlatas.

REFERÊNCIAS

- AKINOLA, Toluleke E. et al. Nonlinear model predictive control (NMPC) of the solvent-based post-combustion CO₂ capture process. **Energy**, v. 213, p. 118840, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118840>
- AL-MAMOORI, Ahmed et al. Carbon capture and utilization update. **Energy Technology**, v. 5, n. 6, p. 834-849, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ente.201600747>
- BHATTACHARYYA, D. *et al.* **Development of Model and Model-Predictive Control of an MEABased Postcombustion CO₂ Capture Process**. American Chemical Society, [s. l.], v. 4, p. 1292-1308, 2016.
- BUI, Mai et al. Dynamic modelling and optimisation of flexible operation in post-combustion CO₂ capture plants—A review. **Computers & Chemical Engineering**, v. 61, p. 245-265, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2013.11.015>
- CAMACHO, E.F. AND BORDONS, C. **Model Predictive Control**, Springer-Verlag, Berlin, 1998.
- Chao, C., Deng, Y., Dewil, R., Baeyens, J., & Fan, X. (2021). Post-combustion carbon capture. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 138, 110490. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110490>
- CHAO, Cong et al. Post-combustion carbon capture. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 138, p. 110490, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110490>

CHATZIASTERIOU, Christos C.; KIKKINIDES, Eustathios S.; GEORGIADIS, Michael C. Recent advances on the modeling and optimization of CO₂ capture processes. **Computers & Chemical Engineering**, p. 107938, 2022.

Cormos, A.-M.; Vasile, M.; Cristea, M.-V., Flexible operation of CO₂ capture processes integrated with power plant using advanced control techniques. 12th International Symposium on Process Systems Engineering and 25th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Computer Aided Chemical Engineering, 2015; Vol. 37, pp 1547-1552.

DAI, Baoxin et al. Model predictive control of post-combustion CO₂ capture system for coal-fired power plants. In: **2017 36th Chinese Control Conference (CCC)**. IEEE, 2017. p. 9315-9320. DOI: <https://doi.org/10.23919/ChiCC.2017.8028841>

DINIZ FILHO, J. C.; NETTO, A. F. S. ; FERNANDES JUNIOR, H. G. L. ; MORAIS JUNIOR, A. A. . AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE CONTROLADORES PREDITIVOS MULTIVARIÁVEIS EM UMA PLANTA DE CAPTURA DE CO₂. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS EM PROCESSOS, 2022. ANAIS DO II CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS EM PROCESSOS.

FLØ, Nina Enaasen et al. Dynamic model validation of the post-combustion CO₂ absorption process. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 41, p. 127-141, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.07.003>

GARCIA, Carlos E.; MORSHEDI, A. M. Quadratic programming solution of dynamic matrix control (QDMC). **Chemical Engineering Communications**, v. 46, n. 1-3, p. 73-87, 1986.

GASPAR, Jozsef et al. Controllability and flexibility analysis of CO₂ post-combustion capture using piperazine and MEA. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 51, p. 276-289, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.06.003>

GÁSPÁR, Jozsef; CORMOȘ, Ana-Maria. Dynamic modeling and validation of absorber and desorber columns for post-combustion CO₂ capture. **Computers & Chemical Engineering**, v. 35, n. 10, p. 2044-2052, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2010.10.001>

Global CCS Institute. The Global Status of CCS: 2018, GCCSI, Oct. 2018. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/>. [acessado em 6 de outubro 2023].

GREER, T. et al. A simulation study on the abatement of CO₂ emissions by de-absorption with monoethanolamine. **Environmental technology**, v. 31, n. 1, p. 107-115, 2010.

GREER, Timothy et al. A MODEL FOR ABATEMENT OF CO₂ EMISSIONS BY DE-ABSORPTION WITH MONOETHANOLAMINE. **International Journal of Energy for a Clean Environment**, v. 10, n. 1-4, 2009.

HARUN, Noorlisa et al. Dynamic simulation of MEA absorption process for CO₂ capture from power plants. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 10, p. 295-309, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2012.06.017>

HE, Zhenrong; RICARDEZ-SANDOVAL, Luis A. Dynamic modelling of a commercial-scale CO₂ capture plant integrated with a natural gas combined cycle (NGCC) power

plant. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 55, p. 23-35, 2016. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.11.001>

IEA, Electricity information 2017. IEA Publications; Aug. 2017. <https://euagenda.eu/publications/electricity-information-2017> . [acessado em 6 de outubro 2023].

IEA. CO2 emissions from fuel combustion highlights (2017 edition). IEA Publications; Oct. 2017. <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion> . [acessado em 6 de outubro 2023].

JAYARATHNA, Sanoja A.; LIE, Bernt; MELAAEN, Morten C. Amine based CO2 capture plant: Dynamic modeling and simulations. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 14, p. 282-290, 2013. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2013.01.028>

JAYARATHNA, Sanoja A.; LIE, Bernt; MELAAEN, Morten C. Dynamic modelling of the absorber of a post-combustion CO2 capture plant: Modelling and simulations. **Computers & chemical engineering**, v. 53, p. 178-189, 2013. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2013.03.002>

KENIG, E. Y.; SCHNEIDER, Ralph; GÓRAK, Andrzej. Reactive absorption: Optimal process design via optimal modelling. **Chemical engineering science**, v. 56, n. 2, p. 343-350, 2001. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(00\)00234-7](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(00)00234-7)

Knudsen, J. N., Jensen, J. N., Vilhelmsen, P. J., & Biede, O. (2009). Experience with CO2 capture from coal flue gas in pilot-scale: Testing of different amine solvents. *Energy Procedia*, 1(1), 783-790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.104>

KNUDSEN, Jacob N. et al. Experience with CO2 capture from coal flue gas in pilot-scale: Testing of different amine solvents. **Energy Procedia**, v. 1, n. 1, p. 783-790, 2009. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.104>

LAWAL, Adekola et al. Dynamic modelling of CO2 absorption for post combustion capture in coal-fired power plants. **Fuel**, v. 88, n. 12, p. 2455-2462, 2009. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.11.009>

LIANG, Xiufan et al. Nonlinearity analysis and multi-model modeling of an MEA-based post-combustion CO2 capture process for advanced control design. **Applied Sciences**, v. 8, n. 7, p. 1053, 2018. DOI:<https://doi.org/10.3390/app8071053>

LIN, Yu-Jeng et al. Plantwide control of CO2 capture by absorption and stripping using monoethanolamine solution. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 3, p. 1338-1345, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie100771x>

MA, Chenbin et al. Economic model predictive control for post-combustion CO2 capture system based on MEA. **Energies**, v. 14, n. 23, p. 8160, 2021. DOI:<https://doi.org/10.3390/en14238160>

MACIEJOWSKI, J. M. Predictive Control With Constraints. Prentice Hall, Harlow, England, 2002.

MARTINS, Márcio AF; ODLOAK, Darci. A robustly stabilizing model predictive control strategy of stable and unstable processes. **Automatica**, v. 67, p. 132-143, 2016.

MNIH, V.; KAVUKCUOGLU, K.; SILVER, D.; GRAVES, A.; ANTONOGLU, I.; WIERSTRA, D.; RIEDMILLER, M. **Playing atari with deep reinforcement learning**. arXiv preprint arXiv:1312.5602, 2013.

NITTAYA, T., DOUGLAS, P.L., et al., 2014. **Dynamic modelling and control of MEA absorption processes for CO₂ capture from power plants**. *Fuel* 116, 672–691.

NITTAYA, Thanita et al. Dynamic modeling and evaluation of an industrial-scale CO₂ capture plant using monoethanolamine absorption processes. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53, n. 28, p. 11411-11426, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie500190p>

NITTAYA, Thanita et al. Dynamic modelling and control of MEA absorption processes for CO₂ capture from power plants. **Fuel**, v. 116, p. 672-691, 2014. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.08.031>

NOERES, Christoph; KENIG, E. Y.; GÓRAK, Andrzej. Modelling of reactive separation processes: reactive absorption and reactive distillation. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 42, n. 3, p. 157-178, 2003.

ODLOAK, D. Controle preditivo de modelo robusto estendido. **Revista AIChE**, v. 50, n. 8, pág. 1824-1836, 2004.

ODLOAK, D. Extended robust model predictive control. *AIChE Journal*, v. 50, n. 8, p.1824-1836, 2004.

PATARO, I. M. L; JUAN, D. G; MARCUS, V. A. C., JOSÉ L. G; MANUEL B. A stabilizing predictive controller with implicit feedforward compensation for stable and time-delayed systems. **Journal of Process Control**, v. 115, p. 12-26, 2022

PATARO, Igor ML et al. A stabilizing predictive controller with implicit feedforward compensation for stable and time-delayed systems. **Journal of Process Control**, v. 115, p. 12-26, 2022.

PORFIRIO, C. R. **Implantação de otimizador online acoplado ao controle preditivo (MPC) de uma coluna de Tolueno**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

POSCH, Sebastian; HAIDER, Markus. Dynamic modeling of CO₂ absorption from coal-fired power plants into an aqueous monoethanolamine solution. **Chemical engineering research and design**, v. 91, n. 6, p. 977-987, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2012.09.016>

RICKER, N. L. Model-predictive control: State of the art. **Proc. of Chemical Process Control (CPC-IV)**, p. 271-296, 1991.

RODRIGUES, M.A.; ODLOAK, D. An infinite horizon model predictive control for stable and integrating processes. *Computers & Chemical Engineering*, v. 27, n. 8-9, p.1113-1128, 2003

RODRIGUES, M.A.; ODLOAK, D. MPC for stable linear systems with model uncertainty. *Automatica*, v. 39, n. 4, p.569-583, 2003.

RODRIGUES, M.A.; ODLOAK, D. MPC for stable linear systems with model uncertainty.

Automatica, v. 39, n. 4, p.569-583, 2003.

SALVINDER, K. M. S. et al. An overview on control strategies for CO₂ capture using absorption/stripping system. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 147, p. 319-337, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.04.034>

SALVINDER, K. M. S. et al. Dynamic modelling, simulation and basic control of CO₂ absorption based on high pressure pilot plant for natural gas treatment. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 70, p. 164-177, 2018. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.12.014>

SALVINDER, K., ZABIRI, H., et al., 2019. **An overview on control strategies for CO₂ capture using absorption/stripping system**. Chem. Eng. Res. 147, 319–337.

SHALABY, Abdelhamid et al. A machine learning approach for modeling and optimization of a CO₂ post-combustion capture unit. **Energy**, v. 215, p. 119113, 2021. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119113>

SHEN, Ming-Tien; CHEN, Yih-Hang; CHANG, Hsuan. Simulation of the Dynamics and Control Responses of the Carbon Dioxide Chemical Absorption Process using Aspen Custom Modeler. **Energy Procedia**, v. 158, p. 4915-4920, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.700>

SILVER, D.; HUBERT, T.; SCHRITTWIESER, J.; ANTONOGLU, I.; LAI, M.; GUEZ, A.; LANCTOT, M.; SIFRE, L.; KUMARAN, D.; GRAEPEL, T.; LILICRAP, T.; SIMONYAN, K.; HASSABIS, D. **A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play**. Science, v. 362, n. 6419, p. 1140-1144, 2018.

SOETERBOEK, R. **Predictive control: a unified approach**. Prentice-Hall, Inc., 1992.

TRAPP, Carsten et al. Dynamic modelling and validation of pre-combustion CO₂ absorption based on a pilot plant at the Buggenum IGCC power station. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 36, p. 13-26, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.02.005>

TSAY, Calvin et al. Rate-based modeling and economic optimization of next-generation amine-based carbon capture plants. **Applied Energy**, v. 252, p. 113379, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113379>

UNFCCC. Historic Paris Agreement on Climate Change, from <http://newsroom.unfccc.int/unfccc-newsroom/finale-cop21/>. [acessado em 6 de outubro 2023].
WANG, H.; GE, Z. **Internal Environment Controlling Algorithm of DMF Distillation Column based on Reinforcement Learning**. In: 2020 IEEE 9th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC). IEEE, p. 1479-1483, 2020.

WANG, Meihong et al. Post-combustion CO₂ capture with chemical absorption: A state-of-the-art review. **Chemical engineering research and design**, v. 89, n. 9, p. 1609-1624, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.11.005>

Wilberforce, T., Olabi, A. G., Sayed, E. T., Elsaid, K., & Abdelkareem, M. A. (2021). Progress in carbon capture technologies. *Science of The Total Environment*, 761, 143203. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143203>

WILBERFORCE, Tabbi et al. Progress in carbon capture technologies. **Science of The Total Environment**, v. 761, p. 143203, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143203>
Wqz EU. Global and European sea-level rise, from <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/sea-level-rise-2/assessment> . [acessado em 20 de março 2024].

WU, Xiao et al. Solvent-based post-combustion CO₂ capture for power plants: A critical review and perspective on dynamic modelling, system identification, process control and flexible operation. **Applied Energy**, v. 257, p. 113941, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113941>

ZHANG, Qiang; TURTON, Richard; BHATTACHARYYA, Debangsu. Development of model and model-predictive control of an MEA-based postcombustion CO₂ capture process. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 55, n. 5, p. 1292-1308, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b02243>

ZHANG, Ying et al. Rate-based process modeling study of CO₂ capture with aqueous monoethanolamine solution. **Industrial & engineering chemistry research**, v. 48, n. 20, p. 9233-9246, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie900068k>

ZIAII, Sepideh; ROCHELLE, Gary T.; EDGAR, Thomas F. Dynamic modeling to minimize energy use for CO₂ capture in power plants by aqueous monoethanolamine. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 48, n. 13, p. 6105-6111, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie801385q>

OTIMIZANDO A ALOCAÇÃO DE AVALIADORES A PROJETOS DE PESQUISA

Leandro Lucas de Oliveira Bandeira¹; Anand Subramanian².

Realizar a alocação manual de avaliadores a planos de pesquisa pode ser uma tarefa árdua e que dificilmente chegará a uma solução ótima. Tendo isso em vista, foram empregadas técnicas de Pesquisa Operacional e modelos de processamento de linguagem natural (PLN) para se chegar à otimalidade. O algoritmo aloca avaliadores a projetos de pesquisa com base na relação de áreas entre avaliador e projeto, como também em relação à similaridade entre o revisor e o projeto que ele pode revisar. Neste trabalho foi aproveitado o modelo matemático implementado por Cunha Neto (2021) e utilizado dados da UFPB dos anos de 2014 a 2017 para testes comparativos. Os resultados experimentais mostraram uma melhoria considerável em relação aos avaliadores alocados aos projetos com base na similaridade, em comparação às alocações realizadas manualmente pela UFPB e o trabalho proposto por Cunha Neto (2021).

Palavras-chave: Pesquisa Operacional, PLN, Otimização.

¹ leandro.lucas@academico.ufpb.br

² anand@ci.ufpb.br, Modelos e algoritmos para problemas de escalonamento de tarefas e roteamento de veículos/Otimizando a alocação de avaliadores a projetos de pesquisa, +55 61 3211-4000, atendimento@cnpq.br.

Apresentação

As universidades estão fundamentadas em três pilares: ensino, pesquisa e extensão. No que diz respeito ao primeiro, são conduzidas atividades de ensino ministradas por professores e projetos de monitoria; no segundo, são elaborados planos de pesquisa que podem ser contemplados com bolsa e para serem beneficiadas precisam ser avaliadas; por último, a extensão são projetos que relacionam a universidade e a sociedade. A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como instituição de ensino superior, está sujeita à mesma necessidade de desenvolver atividades de ensino, pesquisa e extensão. No entanto, o foco predominante deste trabalho está voltado para o campo da pesquisa.

Anualmente, mais de mil planos são submetidos à avaliação na UFPB com o intuito de solicitar bolsas de incentivo. Esses planos passam por uma equipe de avaliadores responsáveis por decidir quais bolsas são concedidas. Todavia, é importante que o avaliador esteja relacionado com a área de estudo da pesquisa em questão. Realizar a alocação desses avaliadores a planos de pesquisa manualmente se torna uma tarefa árdua, dificilmente chegando a uma solução ótima.

Sendo assim, o trabalho está dividido em duas partes centrais. A primeira envolve a criação de um banco de dados que relaciona os benefícios de um avaliador com os trabalhos, utilizando as áreas do avaliador e do trabalho junto ao Processamento de Linguagem Natural (PLN). A segunda consiste na aplicação disso a um modelo matemático para determinar quais avaliadores serão designados para cada plano.

Em vista disso, o projeto visa achar uma solução ótima à alocação de avaliadores a planos de pesquisa utilizando dados reais da UFPB dos anos de 2014 até 2017.

Fundamentação teórica

Literatura

O problema proposto, embora seja de interesse para universidades, é escasso em relação à literatura. A maioria desses trabalhos trata de avaliadores de conferência, conforme mencionado na pesquisa de Liu *et al.* (2014). O estudo conduzido por Sun *et al.* (2007) possui uma abordagem similar à proposta desse trabalho, que utiliza a área de especialização dos avaliadores como critério de alocação.

Esse trabalho se configura como uma continuação da pesquisa realizada por Cunha Neto (2021) que se baseia na área e subárea dos avaliadores para realizar a alocação. Desse modo, foi continuado o modelo de alocação anterior, junto a uma nova métrica de Processamento de Linguagem Natural (PLN), que visa encontrar similaridades entre um plano de trabalho e um projeto que o avaliador orienta.

Metodologia

Dado um conjunto de trabalhos e um conjunto de avaliadores, o problema consiste em alocar avaliadores aos trabalhos, assegurando que cada revisor seja designado a trabalhos que possuam afinidade. Além disso, é necessário garantir que cada revisor e trabalho esteja submetido a uma quantidade mínima e máxima de trabalhos e avaliadores, respectivamente.

A partir disso, é necessário buscar uma forma de quantificar a afinidade entre um avaliador e um trabalho. Em tal contexto, tanto os trabalhos quanto os avaliadores são constituídos por uma área, subárea e um resumo. Por outra parte, todo trabalho possui um orientador e o resumo de um avaliador é um trabalho que ele orienta. Logo, é adotado dois tipos de benefícios diferentes. O primeiro se baseia na igualdade entre as áreas do avaliador e do trabalho, sendo o benefício da subárea aquele com maior valor numérico. O segundo é um valor gerado pela similaridade entre o resumo do trabalho e do avaliador.

Sendo assim, surge o problema de buscar a melhor forma de designar a semelhança entre dois textos, o seguinte projeto testou duas formas iniciais. A primeira seria o algoritmo TF-IDF (*Term Frequency-Inverse Document Frequency*) que visa a repetição de palavras como o mais crucial no texto. Então a partir de dois resumos é analisado a frequência de palavras que estão presentes em um corpo em relação ao outro, por conseguinte extrai-se a similaridade entre aqueles dois textos. Contudo, constatou-se que não era o melhor método, pois um trabalho de Astronomia que é uma subárea da Física teria alta similaridade com um texto da área de Letras que falasse sobre o mesmo escopo, ou seja, tivesse a mesma repetição de palavras. Porém, um orientador de Letras não é o mais viável para revisão de um trabalho de Astronomia. Dessa forma, a segunda maneira de resolver o problema foi utilizando o algoritmo *Doc2Vec*. Diferentemente do algoritmo citado anteriormente, esse gera vetores de documentos e não de palavras, conseguindo assim entregar um sentido semântico para cada resumo. Consequentemente, conforme o exemplo citado anteriormente, o trabalho de Astronomia teria correlação tanto com o resumo de Letras quanto com o resumo de Física, o que não ocorreria no método anterior, que teria apenas o resumo de Letras como apto.

Dessa maneira, é necessário possuir um banco de dados que contenha resumos relativos aos orientadores e seus autores. Por isso foi utilizado os anais do Encontro de Iniciação Científica (ENIC) para realizar essa operação. Então, assumindo que um determinado avaliador tenha mais de um projeto orientado, é possível retirar todas as similaridades entre esses projetos e os outros trabalhos. Logo, o benefício entre o orientador e os trabalhos é dado pela maior similaridade calculada.

Consequentemente, torna-se necessário unir os benefícios das áreas e da similaridade. Como a medida de similaridade é na ordem dos centésimos, então pega-se seu valor e multiplica por 100. Por conseguinte, soma-se ambos os benefícios, indicando o benefício total de ter aquele avaliador alocado àquele projeto. Após esse cálculo, é necessária sua utilização em um modelo matemático a fim de gerar uma solução ótima. Esse modelo foi implementado por Cunha Neto (2021) e será discutido no próximo capítulo. As subseções abaixo explicarão detalhadamente a geração do benefício baseado na similaridade.

Tratamento de Texto

Para o tratamento do texto, são utilizados dois métodos na literatura, a remoção de *Stop Words* e a *lemmatização* de palavras. O primeiro se baseia na eliminação de palavras com pouco significado ao texto, como preposições e adjetivos. O segundo se concentra em deixar cada palavra na sua forma infinitiva. Porém, como cada texto deve preservar pelo seu

sentido semântico, foi viável utilizar apenas o segundo método com ajuda do *framework Spacy*.

World Tokenize e TaggedDocument

Após o tratamento do texto, segue-se para o processo de *tokenização* de cada texto. Esse método se baseia em transformar aquele texto em unidades menores que seriam sentenças e por fim cada sentença é dividida em *tokens*, conforme a Tabela 1. Consequentemente, é necessário marcar cada documento com um determinado vetor de *tokens*. Por exemplo, caso exista 100 documentos, os documentos são numerados de 0 a 99 e cada índice está ligado a um vetor de sentenças que por sua vez está conectado a um vetor de *tokens*.

Tabela 1 - Exemplo de tokenização

<i>Tag</i>	<i>Texto Inicial</i>	<i>Lemmatização</i>	<i>Tokenização</i>
50	O carro morreu.	O carro morrer	['O', 'carro', 'morrer']

Fonte: Tabela gerada pelo autor, 2023.

Criação do Vocabulário e Corpus

O *corpus* é uma matriz baseada no conceito de *Vector Space Model (VSM)*. Esse modelo consiste em pares de questões e respostas, ou seja, cada palavra é representada por um vetor que relaciona a identidade (*id*) da palavra e sua quantia de repetições. Assim sendo, todo documento possui um conjunto de Corpus denominado vocabulário.

Treinamento do modelo

O modelo é treinado utilizando o algoritmo *Doc2Vec* que a partir de todo o conjunto de dados mencionados anteriormente, determinará quais são os documentos mais próximos no espaço vetorial. O modelo é treinado utilizando o conceito de épocas, que seria a quantia de iterações sobre o conjunto de dados. Dessa forma, o objetivo é aproximar os vetores a cada época até que vetores similares possuam o menor ângulo possível entre si.

Determinação da proximidade no espaço vetorial

A partir do modelo treinado, é possível gerar a matriz de similaridade pelo método da biblioteca do Gensim. Esse método utiliza a técnica de calcular o cosseno entre dois vetores para determinar a similaridade entre esses textos. Sendo u (vetor de u), v (vetor de v) e Θ o ângulo entre os vetores, a fórmula da similaridade é dada por: $\text{Cos } \theta = \frac{u \cdot v}{\|u\| \cdot \|v\|}$. Cada texto é representado por um vetor único, viabilizando o cálculo do cosseno entre os resumos. Após obter a matriz de similaridade, a próxima etapa consiste em inserir esses dados no modelo.

Abordagem implementada

Um modelo matemático foi implementado para resolver o problema de alocação, o qual foi implementado na pesquisa de Cunha Neto (2021) e visa maximizar a afinidade entre avaliadores e projetos. A aplicação, implementada na linguagem C++, utiliza o resolvidor de programação linear inteira *CPLEX* para gerar a solução. Através da Pró-Reitoria de Pesquisa

(PROPESQ) foram adquiridas alocações entre os anos de 2014 até 2017. Além disso, utilizou-se dados de resultados da pesquisa de Cunha Neto (2021) para comparação de resultados.

Antes de apresentar o modelo matemático é importante entender alguns pontos. O benefício é baseado tanto na área como subárea do projeto e o grau de similaridade entre o avaliador e o projeto. Sendo assim, chama-se a similaridade de um determinado avaliador i em relação a um trabalho j como s_{ij} .

- Se o avaliador orienta um projeto na mesma subárea que o trabalho, sua afinidade vale $1000 + s_{ij}$.
- Se o avaliador orienta um projeto na mesma área que o trabalho, sua afinidade vale $100 + s_{ij}$.
- Se o avaliador não orienta um projeto na mesma área nem subárea que o trabalho, sua afinidade vale $1 + s_{ij}$.
- Se o avaliador orienta aquele projeto, sua afinidade vale 0.

Formulação matemática

Sejam as seguintes anotações:

- P : Conjunto dos professores que submeteram trabalhos.
- P_j : Conjunto dos avaliadores aptos a avaliar o trabalho j .
- T : Conjunto de todos os trabalhos submetidos para avaliação.
- T_i : Conjunto dos trabalhos pertencentes à área de interesse do avaliador i .
- b_{ij} : Benefício da alocação de um avaliador i ao trabalho j , $b_{ij} = \text{Peso} + s_{ij}$.
- NA : Número de avaliadores por trabalho.
- $LMax_i$: Limite máximo de trabalhos por avaliador i .
- $LMin_i$: Limite mínimo de trabalhos por avaliador i .

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o revisor } i \text{ foi alocado ao trabalho } j. \\ 0, & \text{cc.} \end{cases}$$

Função objetivo

$$\max \sum_{i \in P} \sum_{j \in T_i} b_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in P_j} x_{ij} = NA \quad \forall j \in T \quad (2)$$

$$LMin_i \leq \sum_{j \in T_i} x_{ij} \leq LMax_i \quad \forall i \in P \quad (3)$$

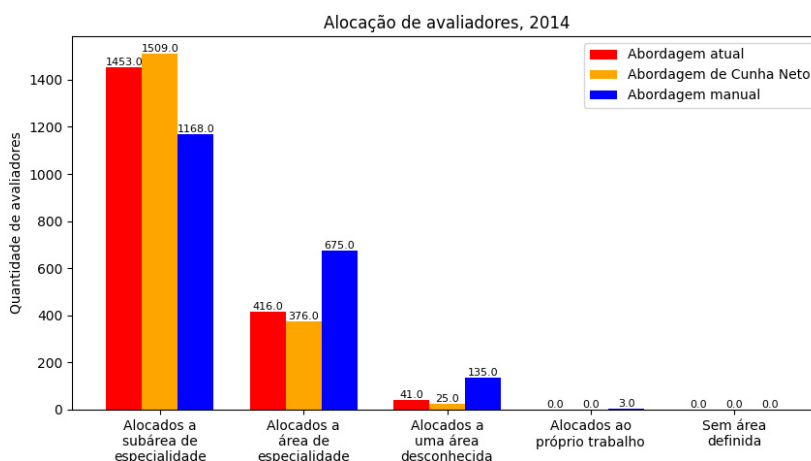
$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in P, \forall j \in T_i \quad (4)$$

A função objetivo 1 maximiza a afinidade entre avaliadores e projetos a eles alocados. A restrição 2 determina o número de avaliadores por projeto e a restrição 3 limita o número de projetos alocados a cada avaliador. A restrição 4 define a natureza das variáveis.

Resultados

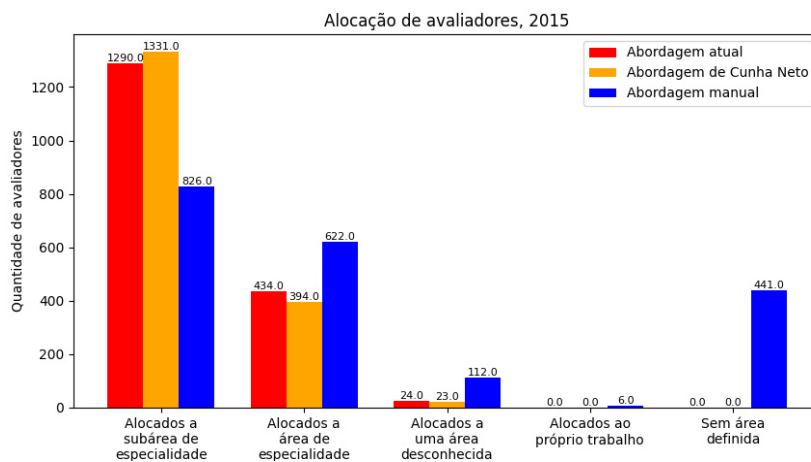
Os resultados desse projeto foram comparados aos resultados da pesquisa de Cunha Neto (2021), bem como aos resultados obtidos pela PROPESQ, por meio da análise de três tipos de gráficos referentes aos anos de 2014 a 2017. As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram a alocação de avaliadores a área e subárea de especialidade ou área desconhecida. Subentende-se por área desconhecida quando o orientador não possui área definida e ainda assim foi alocado. Pode-se observar que nesse gráfico, ao longo de todos os anos, foram identificadas as seguintes mudanças: uma redução na alocação de avaliadores às subáreas do projeto, um aumento tanto no número de avaliadores alocados às áreas do projeto quanto naqueles alocados a uma área desconhecida. Porém, com base nesse gráfico, é possível concluir que tanto a abordagem de Cunha Neto (2021) quanto a abordagem atual são superiores à alocação manual realizada pela UFPB. Além disso, a abordagem de Cunha Neto (2021) apresentou resultados melhores em virtude da alocação de avaliadores a subáreas em relação à abordagem atual.

Figura 1 - Alocação de avaliadores em 2014



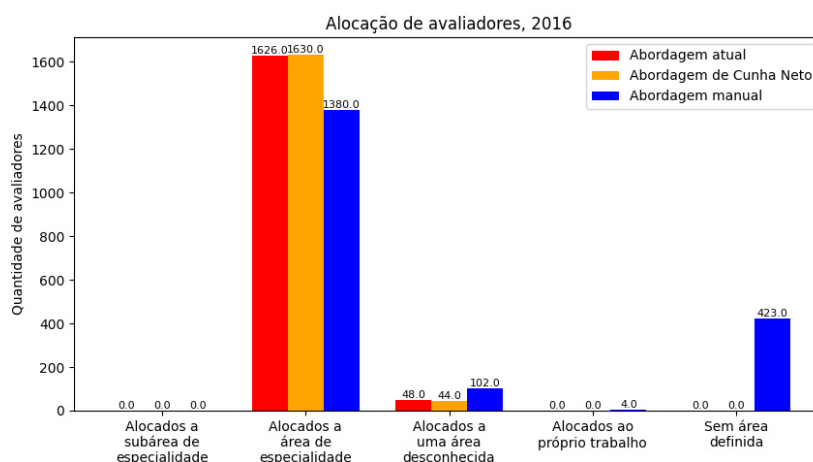
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 2 - Alocação de avaliadores em 2015



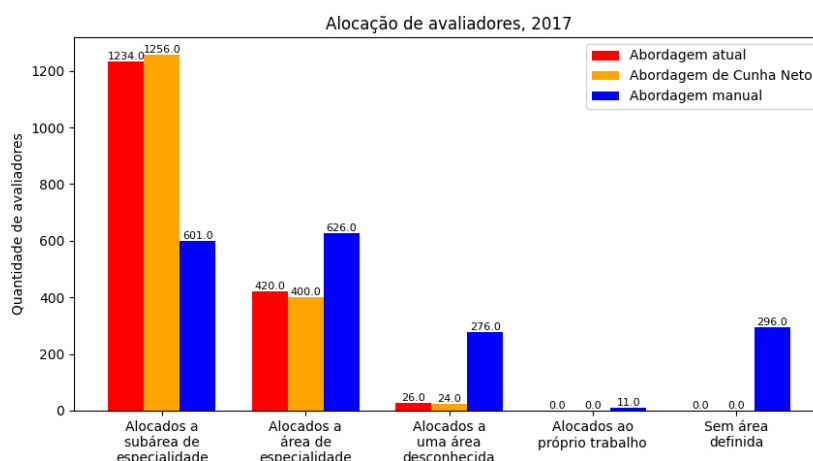
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 3 - Alocação de avaliadores em 2016



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

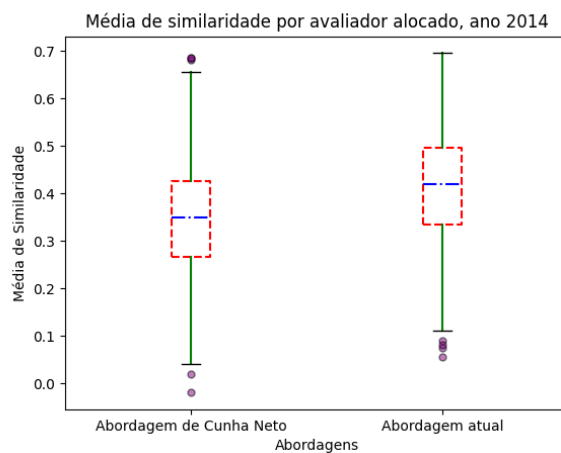
Figura 4 - Alocação de avaliadores em 2017



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

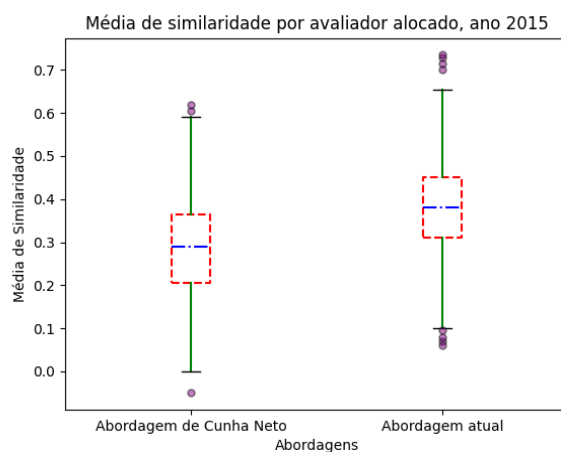
As figuras 5-8 apresentam uma visão geral da média de similaridade entre os projetos e os avaliadores alocados a eles. Percebe-se que, em todos os anos, a média de similaridade - isto é, cada similaridade corresponde à afinidade entre avaliador e projeto - é maior na abordagem proposta. Dessa forma, na metodologia atual, os avaliadores foram alocados a projetos com os quais possuem maior afinidade. Por exemplo, no ano de 2015, a mediana dos dados foi cerca de 0.4, e como visto no boxplot, a maioria dos valores relacionados à similaridade entre avaliador e projeto se encontra nessa faixa, e o valor mínimo de similaridade é 0.1, enquanto na abordagem de Cunha Neto (2021), a mediana é de 0.3 e o valor mínimo é quase 0.

Figura 5 - Média de similaridade em 2014



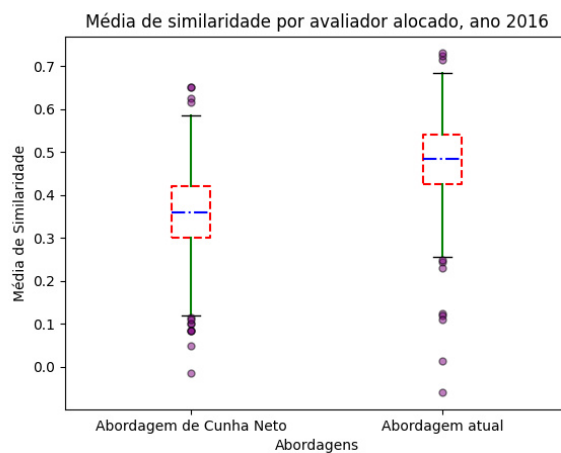
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 6 - Média de similaridade 2015



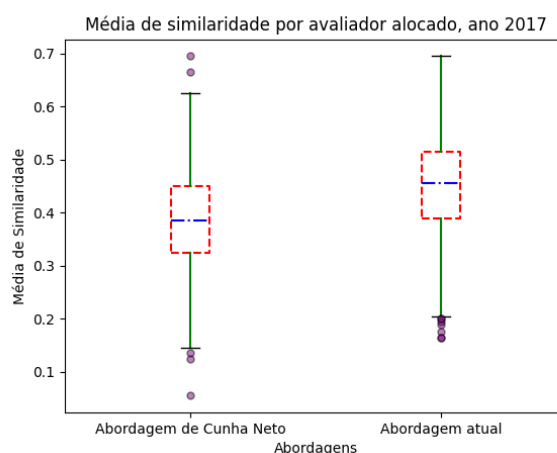
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 7 - Média de similaridade 2016



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 8 - Média de similaridade 2017



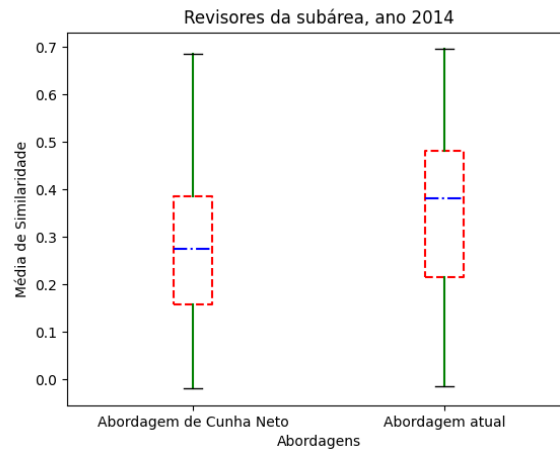
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

As figuras 9–20 mostram a relação de alocação baseada em áreas e similaridades do avaliador, as quais podem ser divididas em:

- Os avaliadores são apenas da subárea – se os dois avaliadores são da subárea do projeto, ou seja, quando o trabalho é da subárea de farmacologia, ambos os avaliadores também são.
- Os avaliadores são apenas da área – se os dois avaliadores são da área do projeto, ou seja, quando o trabalho é da área de Física, ambos os avaliadores também são.
- Os avaliadores são da subárea ou área – se os dois avaliadores são da subárea ou área do projeto, ou seja, quando o trabalho é da subárea Astronomia e área Física, se os avaliadores possuírem qualquer dessas áreas, o mesmo será contabilizado.
- Os avaliadores não são de nenhuma – se os dois avaliadores não são da área, ou seja, não possuírem nenhuma correlação com área do projeto que foi alocado.
- Os avaliadores não são de nenhuma subárea – se os dois avaliadores não são da subárea, ou seja, não possuem nenhuma correlação com a subárea do projeto que ele foi alocado.
- Os avaliadores não são de nenhuma subárea e nenhuma área – se os dois avaliadores não são da subárea e área, ou seja, não possuem nenhuma correlação com a subárea e área do projeto que ele foi alocado.

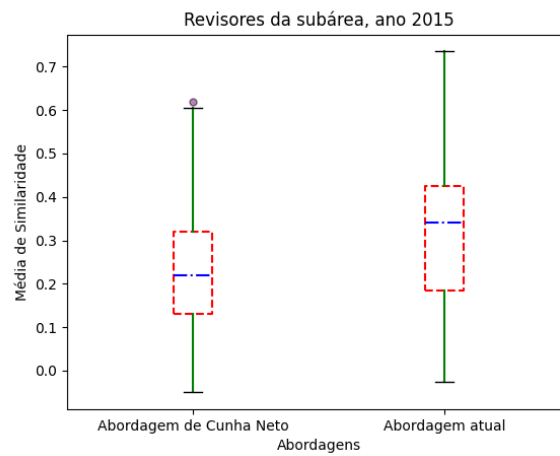
Quando ambos os avaliadores pertenciam à mesma subárea do projeto, a estratégia atual alocou os avaliadores com as melhores similaridades. Isso pode ser visto nas figuras 9-12, em que os avaliadores alocados às subáreas do trabalho na abordagem de Cunha Neto (2021) possuem uma menor similaridade em comparação ao proposto. Esse fato ocorre, pois a similaridade é utilizada como fator de desempate, caso dois avaliadores possuam a mesma subárea, ambos possuem o mesmo benefício. Portanto, a abordagem proposta aloca o orientador com maior similaridade, diferentemente do seu antecessor.

Figura 9 - Revisores alocados pela subárea, 2014



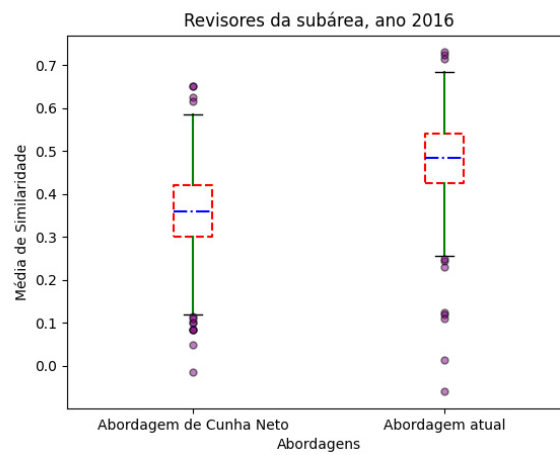
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 10 - Revisores alocados pela subárea, 2015



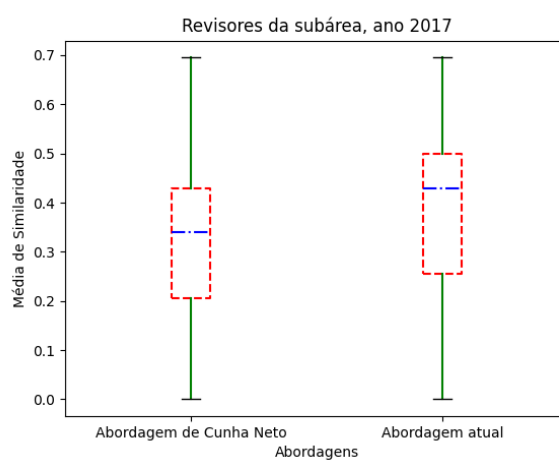
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 11 - Revisores alocados pela subárea, 2016



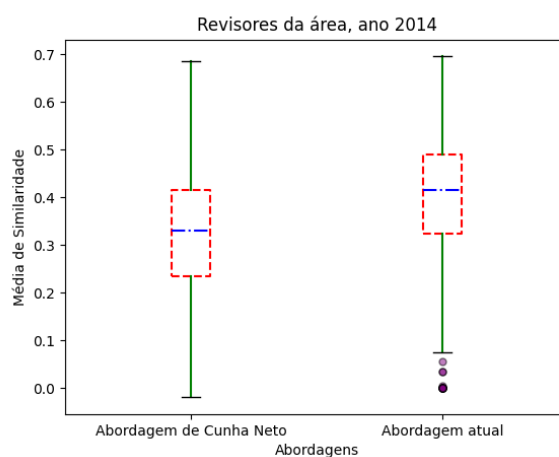
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 12 - Revisores alocados pela subárea, 2017



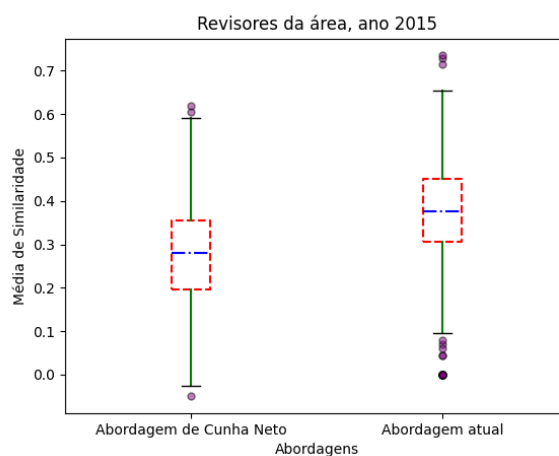
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 13 - Revisores alocadas pela área, 2014



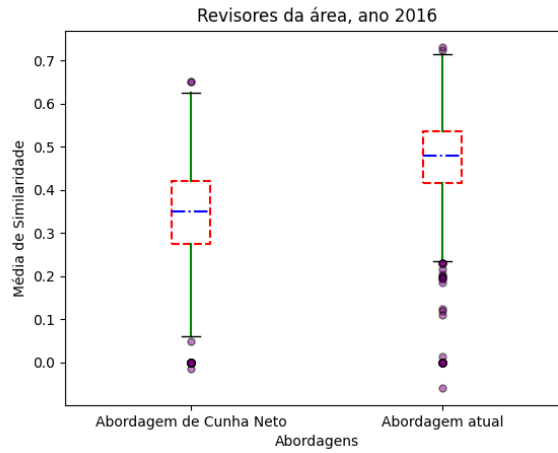
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 14 - Revisores alocadas pela área, 2015



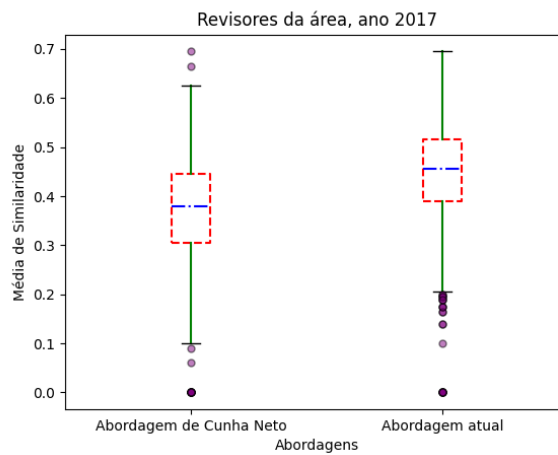
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 15 - Revisores alocadas pela área, 2016



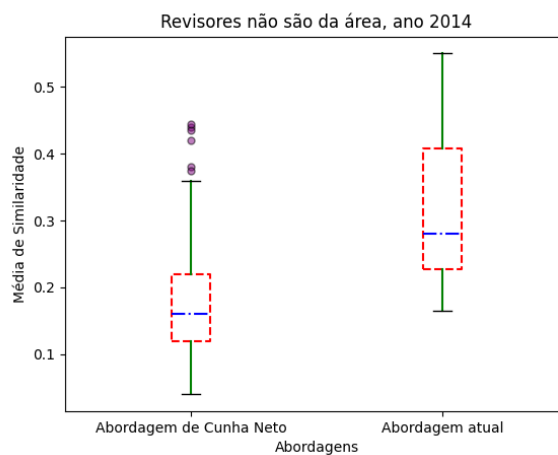
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 16 - Revisores alocadas pela área, 2017



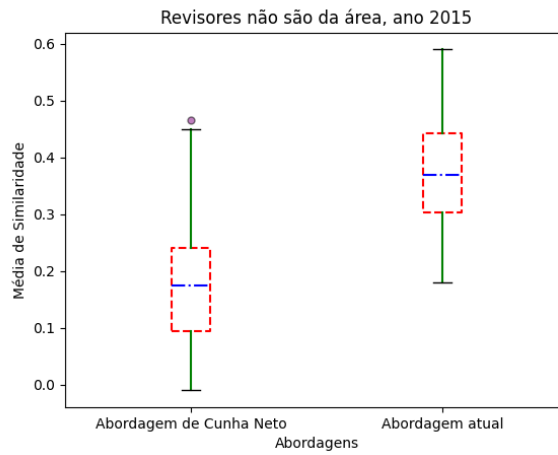
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 17 - Revisores alocadas pela área ou subárea, 2014



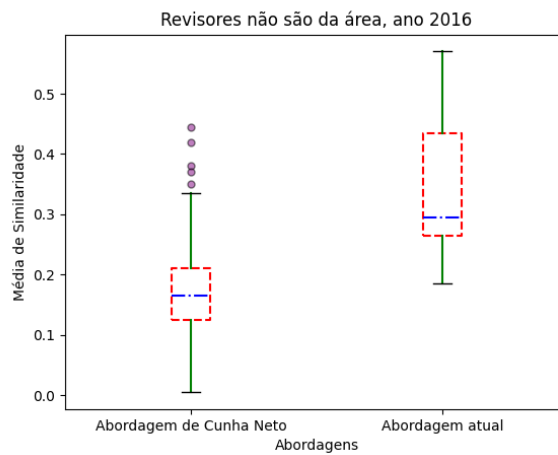
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 18 - Revisores alocadas pela área ou subárea, 2015



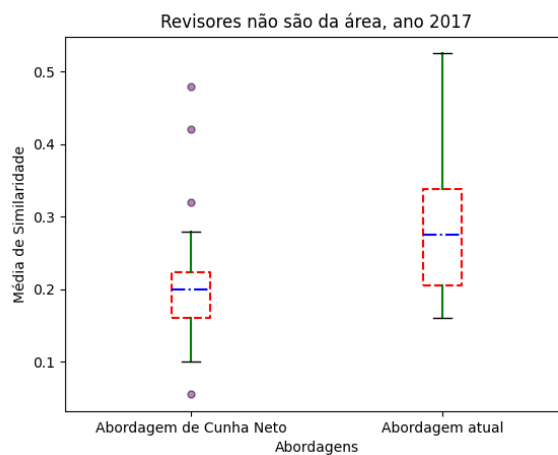
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 19 - Revisores alocadas pela área ou subárea, 2016



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

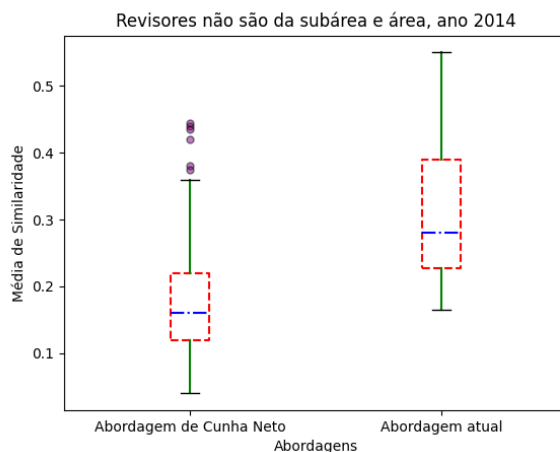
Figura 20 - Revisores alocadas pela área ou subárea, 2017



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

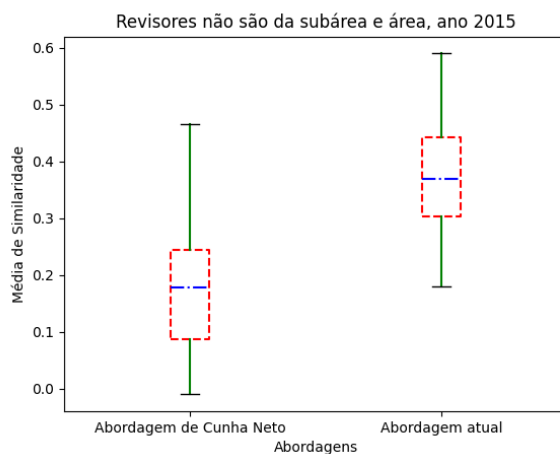
Nas figuras 21–23, observa-se os resultados quando os avaliadores são alocados a projetos que não pertencem a sua área e subárea, isso ocorre porque outro avaliador, que não é da mesma subárea e área do projeto, possui um maior valor de similaridade, devido à semelhança entre os conteúdos. Esse cenário não ocorre na pesquisa anterior, pois como os avaliadores não possuem área e subárea em correlação com o trabalho, então não é considerado apto. Nesse sentido, o presente trabalho filtra melhores avaliadores para cada projeto em relação à similaridade.

Figura 21 - Revisores alocadas à nenhuma área, 2014



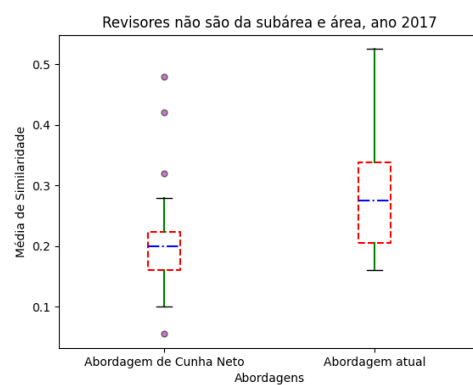
Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 22 - Revisores alocadas à nenhuma área, 2015



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Figura 23 - Revisores alocadas à nenhuma área, 2017



Fonte: gerada pelo autor, 2023.

Conclusões

Nesse trabalho foram utilizadas técnicas e ferramentas de Pesquisa Operacional para buscar soluções ótimas para o problema de alocação de avaliadores a projetos de pesquisa na UFPB.

Sendo assim, foi possível observar uma melhoria sistemática nas alocações realizadas nos anos de 2014 a 2017 ao se utilizar o método proposto. Isto é, nesse período, mesmo que tenha sido observado uma redução significativa nos avaliadores alocados às subáreas, foi verificado um aumento considerável na similaridade entre avaliador e os projetos que eles avaliam.

Além disso, revisores que não possuem nenhuma correlação de área e subárea com o projeto que eles foram alocados, possuem um maior benefício em relação a outro revisor que possua mesma área e subárea do projeto, ou seja, o benefício dado pela similaridade é maior do que aquele da subárea. Ademais, a similaridade funcionou como critério para desempate, caso dois avaliadores possuam mesma subárea, mas aquele que possuir maior similaridade avaliará aquele trabalho. Portanto, a solução proposta se mostrou mais eficaz na alocação de avaliadores a planos de pesquisa.

Referências

Cunha Neto, F. S. O problema de alocação de avaliadores a projetos de pesquisa no âmbito universitário. In: XXIX Encontro de Iniciação Científica, 29. ed, 2021. ENIC, João Pessoa-PB: Universidade Federal da Paraíba. p 1334-1334.

Liu, X., Suel, T. and Memon, N. A robust model for paper reviewer assignment. Proceedings of the 8th ACM Conference on Recommender Systems. RecSys, 8th ed, 2014. Foster City: Silicon Valley. p. 25–32.

Sun, Y.-H., Ma, J., Fan, Z.-P. & WANG, J. A hybrid knowledge and model approach for reviewer assignment. 2007 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07), p. 47–47.

SENSORES IOT PARA O MONITORAMENTO DE PRESSÃO EM UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Lucas Dantas de Oliveira¹; Juan Moises Mauricio Villanueva²

Resumo

A distribuição de água em municípios apresenta desafios significativos, como a manutenção de tubulações, controle de pressão e vazão, além do monitoramento da qualidade da água. A medição precisa de vazão e pressão é essencial para otimizar a entrega de água, assegurando que os consumidores recebam água de qualidade e em quantidade adequada. O progresso tecnológico proporcionou soluções como softwares de modelagem hidráulica, sensores inteligentes e sistemas automatizados de controle. Redes de sensores sem fio são amplamente usadas para elevar a eficiência desses sistemas. Contudo, o monitoramento em grandes áreas urbanas é complexo devido a altos custos e desafios de instalação em larga escala. A tecnologia IoT (Internet das Coisas) surge como uma alternativa de baixo custo e alta eficiência, permitindo comunicação via internet e baixo consumo energético. O plano abordado detalha as etapas para desenvolver uma aplicação IoT capaz de monitorar autonomamente a pressão e vazão, alcançando autossuficiência energética a partir de 16.5L/min.

Palavras-chave: Microturbina. Pressão d'água. Vazão d'água. *Internet of Things*. Sistema Autossuficiente.

¹ lucasd.oliveira@cear.ufpb.br

² jmauricio@cear.ufpb.br, Projeto PVK14889-2021: Otimização de Sistemas de Abastecimento de Água utilizando Técnicas de Inteligência Artificial. Plano de Trabalho: Sensores IoT para o monitoramento de pressão em uma rede de abastecimento de água. PROPESQ-Universidade Federal da Paraíba, 3216-7551, pesquisa@propesq.ufpb.br.

Introdução

A distribuição de água é crucial para a infraestrutura de qualquer cidade moderna. O processo é complexo, envolvendo a captação, condução, tratamento e entrega de água potável às residências. A água é captada de fontes naturais, superficiais ou subterrâneas, e conduzida para estações de tratamento onde é submetida a filtração, coagulação e ajustes químicos. Em seguida, a água tratada é armazenada em reservatórios para controle de pressão e fluxo, antes de ser finalmente distribuída às residências através de linhas de serviço.

Os municípios enfrentam diversos desafios na gestão de seus sistemas de distribuição de água, incluindo a manutenção de tubulações e a monitoração da qualidade da água. A medição precisa do fluxo e da pressão é essencial para otimizar a distribuição de água e garantir a entrega de um recurso de alta qualidade aos consumidores, conforme discutido por Gheisi et al. (2016). Com os avanços tecnológicos, surgiram soluções inovadoras para esses desafios, como softwares de modelagem hidráulica (Rossman, 2010), sensores inteligentes (Hu e Hao, 2012) e sistemas de controle automatizados (Åström e Murray, 2021). Além disso, as redes de sensores sem fio estão sendo cada vez mais utilizadas para melhorar a eficiência dos sistemas.

A implementação de sistemas de monitoramento em grandes áreas urbanas apresenta desafios significativos, principalmente devido aos altos custos associados à instalação e manutenção de sensores. Diante dessas dificuldades, a Internet das Coisas (IoT) apresenta-se como uma solução viável, oferecendo comunicação em tempo real e coleta de dados de forma custo-eficiente, como destacado por Hassan et al. (2017). Neste sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema autossuficiente baseado em IoT para monitorar a pressão e o fluxo em redes de abastecimento de água, utilizando sensores sem fio e técnicas de baixo consumo energético.

A finalidade é aprimorar a gestão e otimização dos processos de distribuição de água por meio de uma plataforma integrada de supervisão. As próximas seções deste trabalho irão abordar os fundamentos teóricos, o sistema proposto, o desenvolvimento de hardware, técnicas de economia de energia, processamento de dados, os resultados obtidos e as conclusões.

Objetivos

Este trabalho visa desenvolver um sistema autossuficiente que é capaz de medir a tensão da bateria, além da pressão e vazão da água em uma tubulação. O objetivo é coletar um grande volume de dados dessas medições e enviá-los a uma plataforma em nuvem (*Cloud*) para que possam ser monitorados por um sistema supervisor e armazenados em um banco de dados. Essa acumulação de dados tem o propósito de formar uma base extensa o suficiente para possibilitar a criação de algoritmos de inteligência artificial.

Objetivos Específicos

A metodologia deste projeto foca no desenvolvimento de um sistema autossuficiente com acesso à Internet para envio de dados à nuvem, visando cumprir objetivos específicos:

- Autossuficiência: Utilização de um mini gerador hidrelétrico para alimentar e estabilizar a energia do sistema.
- Economia de energia: Envio de pacotes de leituras à nuvem e implementação do modo *DeepSleep* no microcontrolador.
- Supervisão: Criação de um supervisor para interação do usuário com os dados coletados.

- Conectividade: Uso do protocolo MQTT para conexão ao supervisório.
- Integração: Design e fabricação de uma placa de circuito impresso que centraliza todos os dispositivos do sistema.

Fundamentação Teórica

Esta seção descreve os fundamentos teóricos relacionados à medição de grandezas hidráulicas e a integração à Internet. Assim, esses tópicos têm a finalidade de definir os conceitos preliminares para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa.

Transmissores de Pressão

Os transmissores de pressão são dispositivos que transformam pressão em sinal elétrico para leitura e controle por sistemas de monitoramento. Essenciais em processos industriais, eles mantêm as pressões operacionais dentro de limites seguros e precisos. Existem vários tipos de transmissores, incluindo:

- Diafragma: Usa um diafragma metálico para converter a pressão em sinal elétrico.
- Capacitivo: Emprega um sensor de capacitância.
- Piezoelétrico: Gera sinal através de um cristal piezoelétrico.
- Strain Gauge: Utiliza um sensor de deformação.

O modelo em discussão neste texto utiliza um sensor piezoresistivo, que altera sua resistência elétrica sob pressão mecânica externa. Transmissores de pressão são cruciais para a precisão e segurança em variados processos, como controle de pressão em sistemas hidráulicos, monitoramento em equipamentos de refrigeração e medição em tanques e tubulações. Eles contribuem para operações confiáveis e eficientes, minimizam paradas, aumentam a produtividade e ajudam a prevenir acidentes, garantindo a conformidade com normas de segurança.

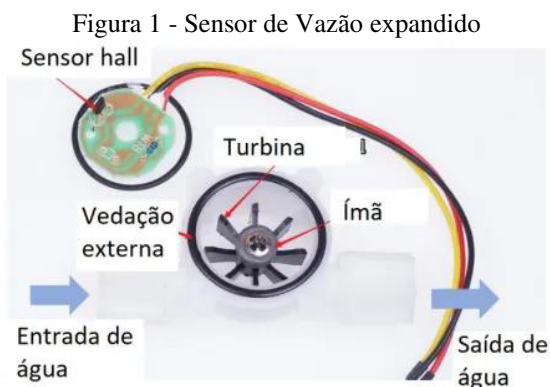
Sensores de Vazão

Para medir a quantidade de líquido ou gás que flui através de um sistema, utilizam-se sensores de vazão. Esses dispositivos são aplicados em contextos variados, desde medição em tubulações industriais até controle de sistemas de irrigação. Existem diferentes métodos de medição, cada um com suas especificidades.

Um método comum é o medidor de vazão de deslocamento positivo, que opera com engrenagens ou pistões que movimentam uma quantidade específica de fluido por câmaras de medição, oferecendo alta precisão para baixas vazões, mas sendo menos eficaz para altas vazões.

Outro tipo é o medidor de vazão de pressão diferencial, que funciona com base na queda de pressão causada por uma restrição no fluxo, sendo adequado para uma ampla gama de vazões e fácil de instalar e manter, comum em tubulações de alta pressão e sistemas de refrigeração.

No caso estudado, o sensor de vazão empregado opera com turbinas movidas pela água. Uma turbina central com dentes imantados, ao girar, modifica o campo magnético. Essa mudança é detectada por um sensor hall, que emite um pulso a cada giro, indicando a vazão.



Fonte: autoria própria

Mini Gerador Hidrelétrico

O mini gerador hidrelétrico (Figura 2), ou micro-hidro, aproveita a energia de pequenas quedas d'água para produzir eletricidade limpa e renovável, sendo uma alternativa eficaz para áreas remotas sem acesso fácil à eletricidade. Esse dispositivo funciona a partir da energia potencial da água, convertendo-a em energia cinética que, por sua vez, movimenta uma turbina gerando eletricidade.

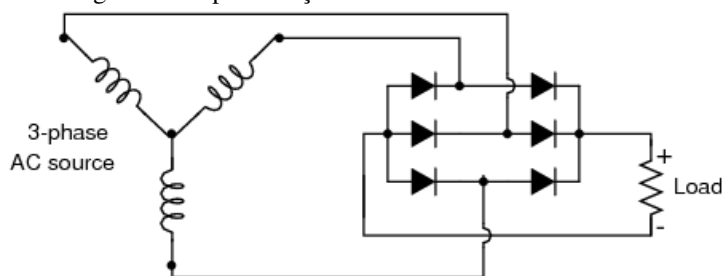
Figura 2 - Mini Gerador Hidrelétrico DB-268



Fonte: autoria própria

O modelo específico descrito é um gerador trifásico que utiliza dentes magnetizados para criar um campo magnético variável à medida que a água passa, induzindo corrente elétrica nas bobinas através da lei da indução eletromagnética de Faraday. A energia gerada é corrente alternada (CA), mas o gerador possui diodos que a convertem em corrente contínua (CC) para atender diversas aplicações (Figura 3).

Figura 3 - Representação do Mini Gerador Hidrelétrico



Fonte: autoria própria

Além disso, o gerador é equipado com um regulador de tensão de 12V que estabiliza a saída de tensão, adaptando-se a variações na vazão de água. Um capacitor complementa o

sistema, atuando como reserva de energia para manter a tensão estável. Assim, o mini gerador hidrelétrico representa uma solução compacta, eficiente e sustentável para geração de eletricidade.

Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) é um sistema composto por dispositivos e sensores interconectados que se comunicam entre si e com a internet para coletar e compartilhar dados em tempo real. Essa tecnologia aumenta significativamente a eficiência e produtividade nos processos industriais e empresariais.

Empresas utilizam a IoT para monitorar e controlar operações em tempo real, melhorando a qualidade dos produtos, reduzindo custos e aumentando a eficiência. Por exemplo, sensores de temperatura e umidade podem regular ambientes industriais e de armazenamento, mantendo condições ideais para a produção e conservação de itens sensíveis.

Além disso, a IoT permite decisões mais informadas e precisas, baseadas em dados coletados constantemente, o que ajuda a reduzir inatividades e prever falhas de equipamentos, otimizando a produção.

Protocolo MQTT

O protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), criado em 1999 pela IBM e padronizado em 2013 pela OASIS, é um protocolo de comunicação essencial para aplicações IoT. Baseado no TCP/IP, este protocolo de código aberto facilita a comunicação M2M (Machine to Machine) com um modelo publisher/subscribe. As características principais do MQTT incluem:

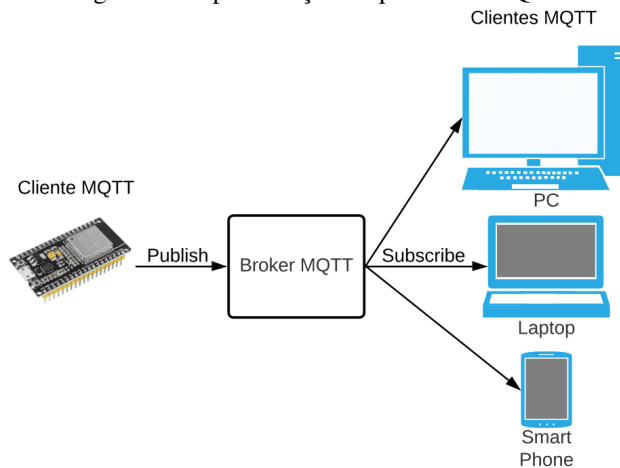
- Publicação e assinatura de mensagens.
- Tópicos para distribuição de dados.
- Qualidade de Serviço (QoS).
- Retenção de mensagens.
- Sessões limpas e conexões confiáveis.

A arquitetura do MQTT divide-se em:

- Cliente: Pública dados e gerencia a conexão com o servidor.
- Broker: Controla e distribui as informações recebidas através de tópicos.

As interações com o broker podem ser um-para-um, um-para-muitos ou muitos-para-muitos, sendo esta última mais comum em IoT, permitindo comunicações extensivas e distribuídas.

Figura 4 - Representação do protocolo MQTT



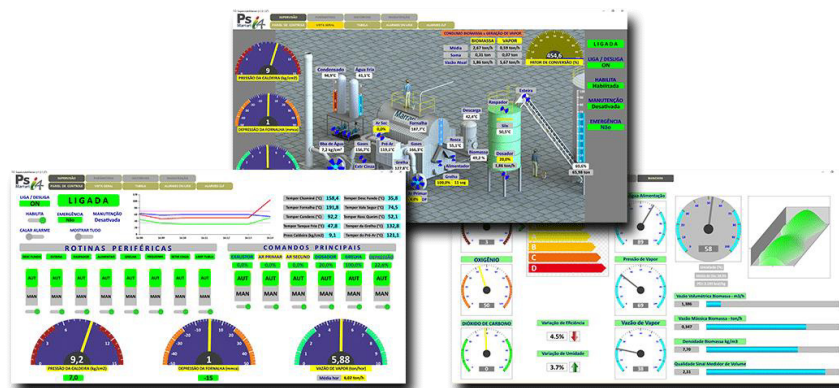
Fonte: autoria própria

Supervisórios SCADA

Os sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) são plataformas de controle e monitoramento utilizadas em ambientes industriais para coletar e analisar dados em tempo real. Eles permitem a monitoração e controle de processos e equipamentos através de uma interface gráfica, facilitando a visualização de informações essenciais de maneira clara.

Compostos por sensores, controladores, servidores e software, os sistemas SCADA integram esses componentes para processar dados de maneira eficiente, possibilitando o controle operacional em tempo real. Esses sistemas ajudam na identificação rápida de falhas, permitindo correções imediatas, o que reduz o tempo de inatividade e os custos de manutenção. Adicionalmente, os SCADA coletam dados históricos e geram relatórios detalhados, auxiliando na otimização de processos e na redução de custos por meio da análise de tendências e padrões.

Figura 5 - Exemplos de interfaces em sistemas SCADAs



Fonte: <https://www.marrari.com.br/engenharia/software-sistema-scada/>

Metodologia

Nesta seção, serão abordados os aspectos cruciais do desenvolvimento da pesquisa. Detalhes desde a bancada de testes até as etapas de execução serão expostos, incluindo os desafios enfrentados e as soluções implementadas.

Bancada de Testes

Para a realização de todos os experimentos, a seguinte estrutura foi utilizada:

Figura 11 - Bancada de Experimentos



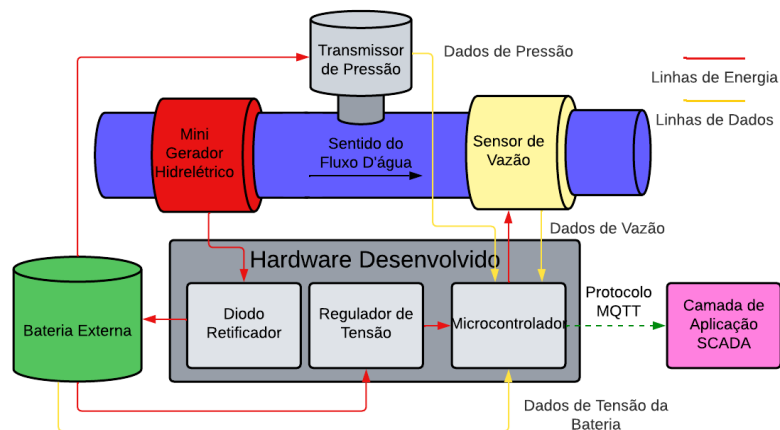
Fonte: autoria própria

Esta tubulação possui diâmetro de meia polegada, e a disposição dos três dispositivos foi estrategicamente planejada. O mini gerador hidrelétrico foi instalado antes de uma curva de ângulo reto, que é conhecida por causar perda significativa de pressão. O transmissor de pressão, sendo o componente mais pesado, foi colocado no meio para minimizar o torque gerado pelo seu peso. Por último, o sensor de vazão foi posicionado no final da tubulação, próximo a outra curva de ângulo reto que direciona a água para o escoamento no laboratório.

Idealização do Sistema

O sistema de monitoramento, mostrado na Figura 12, combina diversas tecnologias de hardware e software. Seu funcionamento depende de um transmissor de pressão, um sensor de fluxo e um mini gerador hidrelétrico. Este gerador está ligado a um diodo retificador, que atua como ponte para carregar uma bateria externa, componente crucial para a estabilidade do sistema.

Figura 12: Idealização do Sistema



Fonte: autoria própria

Este sistema foi desenvolvido para coletar dados de uma tubulação e do nível de tensão da bateria, e então enviar essas informações via WiFi para monitoramento remoto e armazenamento subsequente em um banco de dados. Uma de suas características distintas é a capacidade de se auto alimentar, aproveitando a energia gerada pelo movimento da própria água.

Em termos técnicos, o diodo retificador tem um papel essencial na gestão do carregamento da bateria, aproveitando a energia produzida por um mini gerador hidrelétrico (indicado por fios vermelhos, que simbolizam a fonte de energia). Esta bateria, por sua vez, fornece energia para um transmissor de pressão e um regulador de tensão, este último alimentando um microcontrolador.

Além disso, a bateria externa cumpre uma função dupla: ela não só fornece energia para os componentes do sistema como também serve como um reservatório de energia. Este armazenamento assegura que o sistema continue funcionando continuamente, mesmo em períodos de fluxo de água reduzido, quando o gerador mini-hidrelétrico pode ser insuficiente para sustentar a operação.

O microcontrolador, um elemento fundamental, captura e processa dados de pressão, tensão da bateria e fluxo de água (indicados pelos fios amarelos), transmitindo-os via internet para uma plataforma de aplicação remota. Funcionando como o "cérebro" do sistema, ele lê e processa informações dos sensores e as envia por WiFi, além de monitorar o nível da bateria para manter seu funcionamento dentro dos parâmetros adequados. Nas próximas seções, a operação do microcontrolador é descrita em detalhes e ilustrada visualmente.

Técnicas de Economia de Energia

Considerando a característica desejada de autossuficiência, é necessário utilizar ferramentas de economia de energia. Assim, além da escolha prévia de componentes de baixo consumo, algumas técnicas foram empregadas.

***DeepSleep* do Microcontrolador**

O modo *DeepSleep* do ESP32 constitui um recurso que permite ao microcontrolador adentrar em um estado de baixo consumo energético, visando a economia de energia da bateria e a extensão da vida útil do dispositivo (GATIAL et al., 2020). Neste modo, a maioria dos componentes do ESP32, incluindo o processador, é desativada para minimizar o consumo de energia. No modo *DeepSleep*, o consumo do ESP32 pode ser reduzido a apenas 10 μA , possibilitando que o dispositivo mantenha sua operação por um período prolongado, mesmo com uma bateria de capacidade reduzida. Portanto, para empregar esse modo, é necessário programar o microcontrolador para entrar no estado de baixo consumo energético no momento apropriado e definir eventos específicos que devem reativar o dispositivo. Adicionalmente, pode ser necessário reconfigurar os periféricos do dispositivo e interromper temporariamente o processamento para assegurar o menor consumo de energia possível.

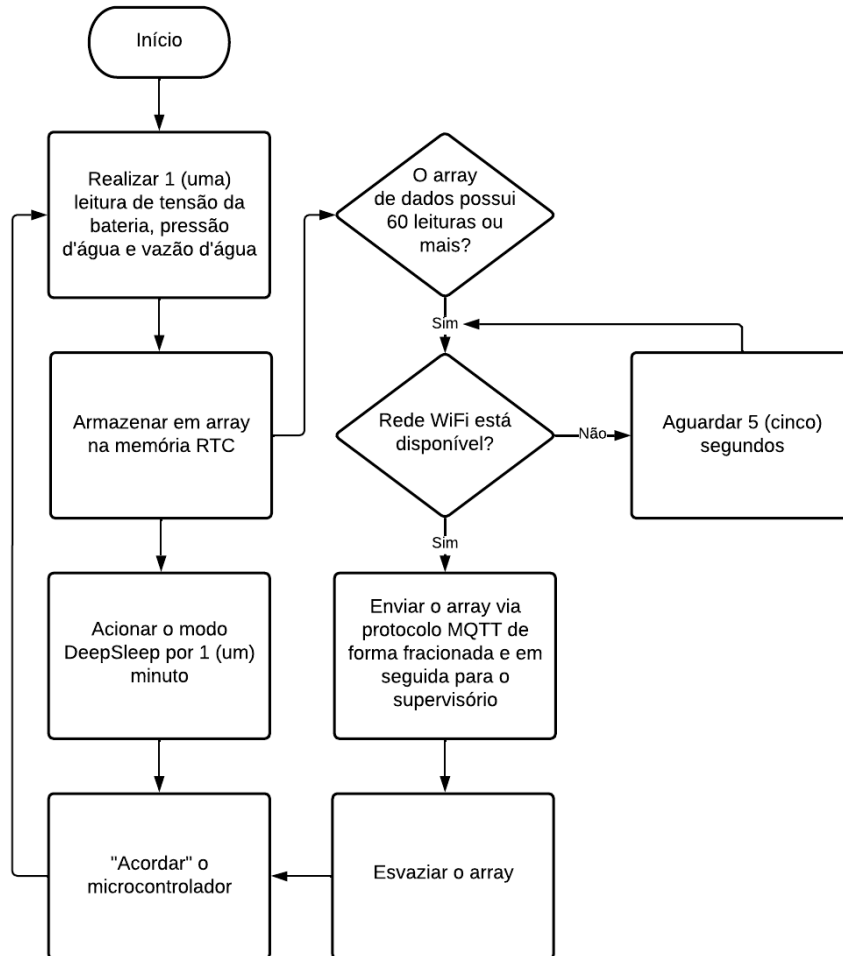
No contexto do sistema proposto nesta pesquisa, planejou-se que o microcontrolador realizasse uma leitura a cada um minuto; ou seja, ele "dorme" por um minuto, "acorda" e executa uma leitura.

Armazenamento de Pacotes de Dados

Inicialmente, o plano era transmitir dados para a camada de aplicação a cada minuto, o que exigiria que o módulo WiFi do microcontrolador fosse ativado 60 vezes por hora. Contudo, essa frequência de ativação levava a um alto consumo de energia devido à necessidade constante de conexão e transmissão do módulo WiFi do ESP32. Para contornar isso, propôs-se agrupar 60 leituras de três variáveis diferentes em um único pacote por hora. Inicialmente considerou-se o uso de um módulo de cartão SD, mas devido ao alto consumo energético, optou-se pela memória RTC do ESP32, que tem capacidade de 8 KB e é adequada para o projeto. Com essa mudança, o módulo WiFi precisa ser ativado apenas uma vez por hora. Se

não houver rede WiFi disponível, o microcontrolador entrará em um ciclo de espera até que a conexão seja restabelecida, sem perder nenhum dado. Essa abordagem resultou em uma significativa economia de energia.

Figura 13 - Fluxograma de Operações do Microcontrolador



Fonte: autoria própria

Calibrações e Ajustes

Para uma maior precisão nas medições, alguns processos de modelagem e calibração de dispositivos foram executados.

Caracterização do Conversor Analógico-Digital do Microcontrolador

O microcontrolador em uso está equipado com um conversor analógico-digital (ADC) de 12 bits, capaz de operar numa faixa de 0 a 3,3 V. Isso implica que ele pode realizar 4096 (2^{12}) discretizações dentro dessa faixa, permitindo detectar variações de tensão tão pequenas quanto 0,0008 V.

Contudo, na prática, observou-se que o microcontrolador não atinge a tensão máxima de 3,3 V, saturando-se em 3,08 V. Além disso, em tensões mais altas, entre 2,5 V e 3,3 V, o ADC desvia significativamente do comportamento linear esperado, onde a leitura deveria corresponder diretamente à tensão aplicada.

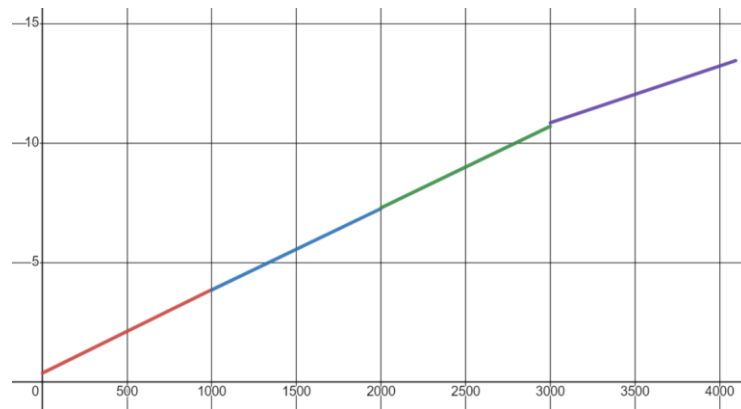
Para superar essa limitação e obter leituras mais precisas, especialmente para a tensão da bateria e a pressão em tubulações, coletamos 30 amostras de tensões aplicadas e as

respectivas leituras do microcontrolador, espaçadas uniformemente. Com esses dados, desenvolvemos quatro equações lineares por meio de regressões lineares, que descrevem o comportamento do ADC em diferentes intervalos de leitura:

- Para leituras entre 0 e 1000: tensão = 0,003485 x leitura + 0,3836;
- Para leituras entre 1000 e 2000: tensão = 0,003401 x leitura + 0,4575;
- Para leituras entre 2000 e 3000: tensão = 0,003412 x leitura + 0,4665;
- Para leituras entre 3000 e 4095: tensão = 0,002373 x leitura + 3,7284;

Essas equações permitem uma compreensão mais precisa do comportamento do ADC, ajustando-se ao seu desempenho não-linear observado experimentalmente.

Figura 14 - Junção dos comportamentos estimados para o ADC em diferentes faixas (Tensão da Bateria (V) x Leitura)



Caracterização do Sensor de Vazão

O sensor de vazão YF-S201 (Figura 8) emite pulsos que caracterizam a vazão medida. Sendo assim, considerando um intervalo de tempo fixo, a vazão do sistema pode ser dado como uma relação linear da forma:

$$Vazão(t) = K \cdot Pulsos(t)$$

Para determinar o valor de K, foi realizado um teste onde a vazão constante numa tubulação foi usada para encher um recipiente de 600 mL. O tempo médio necessário para este processo foi de 5,575 segundos. Com isso, calculou-se a vazão como:

$$Vazão = \frac{0,6 L}{5,575 s} = 0,107 L/s$$

Com base nessa vazão, o microcontrolador registrou 43 pulsos por segundo. Isso permitiu calcular o valor de K da seguinte maneira:

$$K = \frac{0,107 L/s}{43 pulsos} = 0,0025 L/(s \cdot p)$$

Portanto, interpretando K, observa-se que em um intervalo de 1 segundo, 43 pulsos correspondem a uma vazão de 0,0025 L/s. Assim, 86 pulsos em 1 segundo indicariam uma

vazão de 0,005 L/s, e assim por diante. Finalmente, o valor de K obtido foi programado no *firmware* do microcontrolador para calcular a vazão com base nos pulsos recebidos.

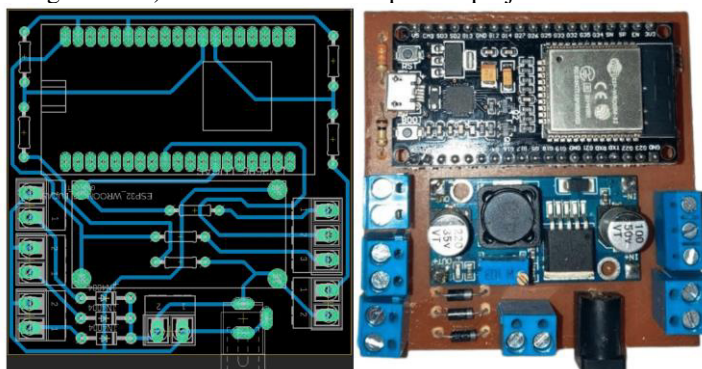
Elaboração da Placa de Circuito Impresso

Com o circuito testado em placa de ensaio e todos os componentes adquiridos, tornou-se possível manufacturar a placa de circuito impresso desse projeto. De forma geral, a placa é um elemento unificador dos módulos utilizados, além disso, foi objetivado o uso apenas de elementos passivos, isto é, elementos que absorvem, armazenam ou dissipam energia elétrica. Logo, para a leitura da tensão da bateria e da pressão d'água, foram utilizados dois simples divisores resistivos (para o sensor de vazão, isso não foi necessário). Além disso, o projeto final conta com conectores para até três mini geradores hidrelétricos, as quais podem ser conectadas em série em uma tubulação, por exemplo, como se ilustra na Figura 16 a).

Por fim, foi adicionado também um conector P4, o que permite o uso de fontes de energia comerciais, caso haja a presença de uma rede elétrica local nas instalações. Com isso, denota-se um projeto robusto, versátil e de fácil implementação.

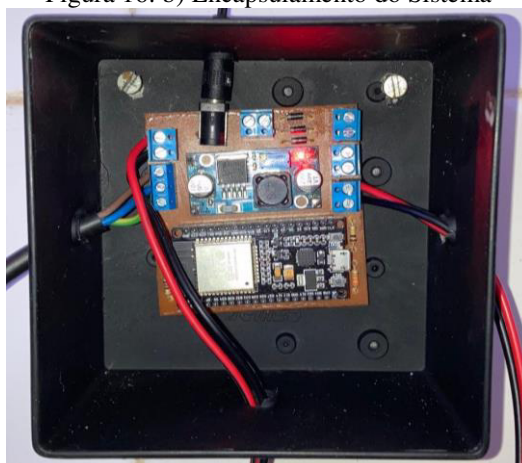
A encapsulação do protótipo foi realizada utilizando um modelo comercial pronto. Dessa forma, por meio de perfurações específicas, ele foi adaptado para acomodar a placa de circuito impresso, bem como os condutores necessários para sensoriamento e alimentação. Para esse tipo de projeto, devido à alta umidade nos prováveis locais de instalação, é altamente recomendado ter o máximo de vedação do ambiente externo, além de utilizar coberturas. O resultado final é mostrado na Figura 16 b).

Figura 16: a) Placa de Circuito Impresso: projeto virtual e real



Fonte: autoria própria

Figura 16: b) Encapsulamento do Sistema



Fonte: autoria própria

Processamento dos Dados

Nesta seção, são detalhados os métodos empregados para processar e visualizar os dados coletados através do terminal transmissor. A captura e o armazenamento dos dados do microcontrolador são realizados por meio de um script que configura um cliente MQTT. Esse cliente se inscreve em um tópico específico de um broker MQTT onde os dados são publicados regularmente.

Uma etapa crítica em qualquer sistema de medição é registrar o carimbo de data e hora para cada dado coletado. Idealmente, isso seria feito diretamente no microcontrolador. No entanto, isso exigiria que o módulo Wi-Fi do microcontrolador se conectasse à internet a cada minuto para sincronizar as horas, o que consumiria uma quantidade excessiva de energia. Para evitar esse consumo elevado de energia e ainda assim garantir a precisão dos dados, o script que desenvolvemos não apenas captura os dados transmitidos, mas também os organiza em um banco de dados, atribuindo um carimbo de data e hora a cada leitura assim que são recebidos. Esta abordagem permite uma gestão eficiente e energética dos dados sem comprometer a integridade temporal das medições.

A fórmula apresentada explica como cada leitura individual dentro de um pacote de dados é temporizada:

$$T_{N\text{-ésima leitura}} = T_{\text{Pacote de Dados}} - (60 \text{ s})(60 - N)$$

em que: $T_{N\text{-ésima leitura}}$ representa o horário da medição da N -ésima leitura entre as 60 leituras do pacote de dados e $T_{\text{Pacote de Dados}}$ representa o horário de chegada do pacote de dados completo.

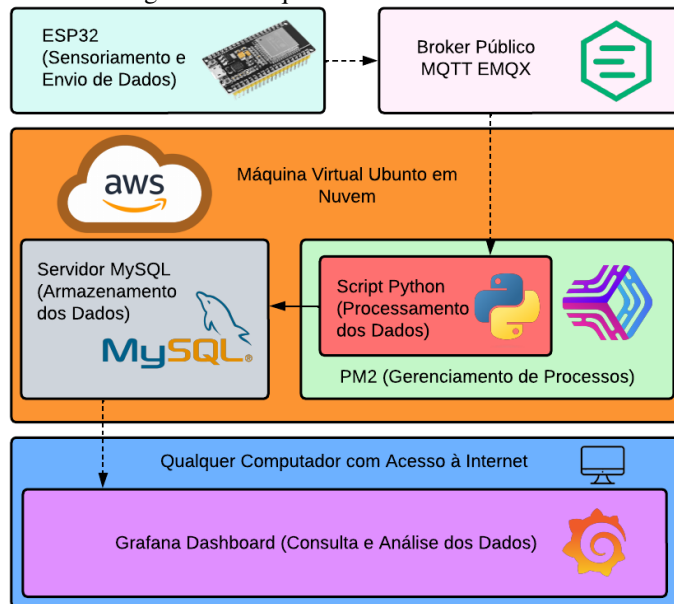
Essa configuração assegura que cada leitura seja associada a um tempo específico, refletindo a sequência e o intervalo em que as leituras foram originalmente capturadas antes de serem enviadas pelo microcontrolador.

Arquitetura Virtual do Sistema

A infraestrutura descrita foi integralmente implementada em uma máquina virtual que opera continuamente na nuvem, utilizando os serviços da Amazon Web Services (AWS). A AWS é uma plataforma de computação em nuvem que oferece uma ampla gama de serviços e recursos para ajudar desenvolvedores a hospedar, escalar e gerenciar suas aplicações de forma eficiente e segura. Para o armazenamento de dados, optou-se pelo banco de dados MySQL, reconhecido por sua leveza e baseado em arquivo, o que o torna ideal para aplicações de Internet das Coisas (IoT) com demandas intensas por operações de leitura concorrentes, conforme apontado por Owens (2006).

A execução contínua do script, que foi desenvolvido utilizando a linguagem Python, é assegurada pelo gerenciador de processos PM2. Este arranjo garante que o script funcione sem interrupções, apoiando o fluxo constante de dados. A Figura 17 apresenta uma ilustração dessa arquitetura, destacando a interconexão entre esses componentes, desde a camada de nuvem até o protótipo real.

Figura 17 - Arquitetura Virtual do Sistema



Fonte: autoria própria

Resultados

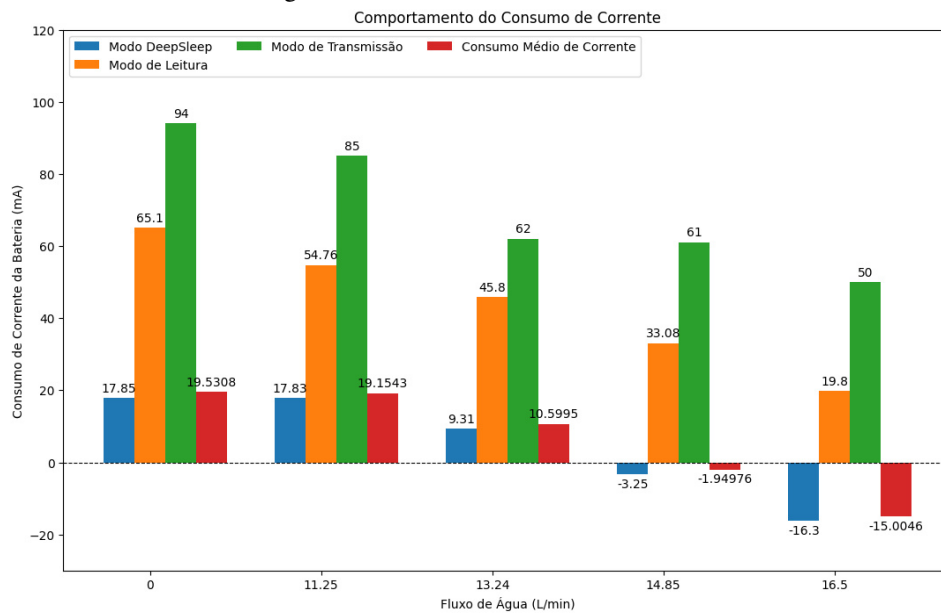
Esta seção será dividida em duas áreas distintas, concentrando-se nos avanços alcançados nas áreas de consumo de corrente, software, hardware e custos envolvidos.

Consumo

Em uma série de ensaios realizados tanto em condições secas quanto com diferentes vazões constantes de água, foi analisada a corrente drenada da bateria em várias situações operacionais. A Figura 18 ilustra esses resultados, destacando o comportamento da corrente drenada da bateria em relação à vazão na tubulação. O gráfico é composto por barras que representam cada vazão dividida em três cores distintas: azul para a corrente drenada quando o microcontrolador está no estado de *deepsleep*, laranja para o modo de funcionamento normal e verde para a corrente máxima drenada durante a transmissão de dados via Wi-Fi. Além disso, uma barra vermelha indica a corrente média ponderada, que tende a se aproximar do valor de corrente em *deepsleep*, considerando que o microcontrolador permanece 96,5% do tempo nesse estado, 3,33% em modo de leitura, e o restante do tempo em transmissão de dados para a nuvem.

Interessantemente, à medida que a vazão aumentava, observou-se uma diminuição no consumo de corrente devido à energia gerada pelo mini gerador hidrelétrico. Em particular, ao atingir uma vazão de 14,85 L/min, registrou-se uma corrente negativa, indicando que o sistema não estava mais drenando corrente da bateria, mas sim fornecendo energia a ela. Esse fenômeno se intensificava com o aumento da vazão, levando o sistema a um estado de autossuficiência energética.

Figura 18 - Perfil de consumo do sistema



Fonte: autoria própria

Tal resultado levanta também a possibilidade de adição de novos mini geradores hidrelétricos em série, esses então diminuiriam a vazão necessária para chegar ao estado de autossuficiência, além de diminuir o tempo de carregamento das baterias instaladas.

Software

O sistema de monitoramento desenvolvido foca na coleta de várias métricas que refletem os estados da tubulação de água, como ilustrado na Figura 19. Esse sistema não apenas exibe as leituras individuais de cada variável junto com seus respectivos horários, mas também calcula e apresenta a média, o valor máximo, o valor mínimo e o desvio padrão para cada uma das variáveis monitoradas. Para proporcionar essa experiência de monitoramento abrangente, o Grafana foi adotado como a plataforma de supervisão de dados.

Figura 19 - Sistema de Monitoramento

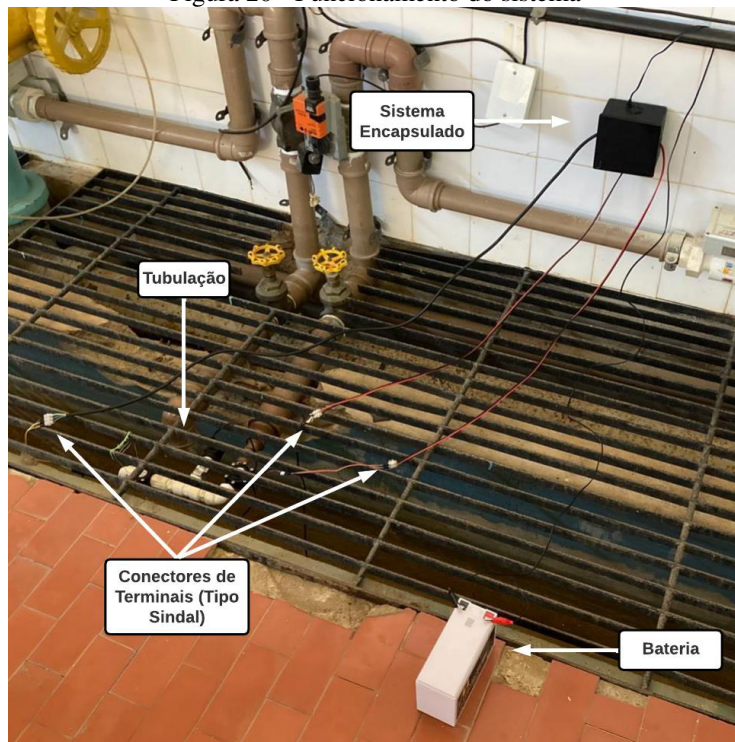


Fonte: autoria própria

Hardware

Na Figura 20, é mostrada a instalação física do sistema na tubulação de interesse a ser monitorada, além da bateria utilizada: 12V 7Ah (uma bateria de capacidade menor poderia ser facilmente utilizada e posta dentro do encapsulamento).

Figura 20 - Funcionamento do sistema



Fonte: autoria própria

Custos

A Tabela 1 contém as informações relacionadas ao baixo-custo desse sistema comparado a soluções comerciais que realizam a mesma função.

Tabela 1 - Custos do Projeto

Itens	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Montante (R\$)	Montante Total (R\$)
PCB (Placa Fenólica, conectores, barras de pinos fêmea, diodos retificadores e resistores)	-	-	20,55	195,20
Módulo ESP32 (38 pinos)	1	82,20	82,20	
Módulo LM2596	1	20,55	20,55	
Encapsulamento Comercial	1	51,35	51,35	
Outros Custos	-	-	20,55	

Fonte: autoria própria

Conclusões

A distribuição eficiente de água é crucial para a vida urbana, e sua complexidade, desde a coleta até a distribuição, apresenta desafios significativos. Este estudo propõe uma solução inovadora baseada em IoT que não apenas pode ser autossuficiente, econômica e energeticamente eficiente, mas também de baixíssimo custo, tornando-a acessível mesmo para comunidades com recursos limitados. Além disso, essa solução permite o monitoramento remoto da pressão e do fluxo em redes de abastecimento de água.

Ao empregar tecnologias avançadas, como sensores sem fio e técnicas de baixo consumo de energia, esse sistema coleta e transmite dados de forma eficaz, simplificando o monitoramento e o gerenciamento da distribuição de água. A inclusão de uma plataforma de supervisão amplia ainda mais a utilidade do sistema, fornecendo informações em tempo real e facilitando a otimização dos processos de distribuição.

Uma outra discussão interessante é a possibilidade de as companhias de saneamento instalarem esse sistema em locais inóspitos ou até mesmo na casa de funcionários, ampliando o alcance do monitoramento e fornecendo uma noção mais precisa da pressão e vazão em diferentes pontos de uma área urbana. Isso não apenas melhoraria a eficiência operacional, mas também ajudaria a identificar e resolver problemas de forma mais rápida e eficaz.

Este estudo ilustra que as aplicações de IoT podem oferecer alternativas práticas às redes de sensores convencionais, especialmente em ambientes urbanos de grande escala, onde o custo e a viabilidade são preocupações fundamentais. Ao adotar o IoT, as cidades podem enfrentar os desafios crescentes na distribuição de água, garantindo um acesso consistente a água limpa para todos os seus habitantes.

Além disso, é importante considerar como essa solução pode contribuir para a gestão mais eficiente dos recursos hídricos, promovendo uma utilização mais consciente e sustentável da água. A integração de sistemas de IoT também pode abrir portas para a implementação de políticas de conservação e reuso de água, ajudando a mitigar os impactos da escassez hídrica em áreas urbanas.

Olhando para o futuro, é essencial que os esforços de pesquisa se concentrem no aprimoramento contínuo e na expansão dessa solução, visando não apenas a uma distribuição de água mais eficiente, mas também a sistemas mais resilientes e adaptáveis às mudanças climáticas e às crescentes demandas urbanas. Investir em tecnologias como essa pode ser um passo crucial em direção a cidades mais sustentáveis e resilientes no longo prazo.

Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à UFPB (Universidade Federal da Paraíba) pelo apoio financeiro, por meio dos editais EDITAL 01/2022 – PIBIC/PIBITI/PIBIC-AF/PIVIC/PIVITI, Chamada CNPq/AWS N°64/2022 – Acesso aos Serviços de Computação em Nuvem da AWS Cloud Credits for Research e FAPESQ N° 09/2021 - Termo de Outorga N° 3142/2021, e à equipe do LENHS (Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento) pelo suporte prestado para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Publicação

O presente projeto de Iniciação Científica produziu um artigo durante sua execução, publicado e apresentado no INSCIT (International Symposium on Instrumentation Systems, Circuits and Transducers), no evento Chip In The Minuano 2023, esse ano sediado no Rio de Janeiro, denominado:

- *Smart Water Management: a Self-Sufficient IoT-Based Application for Pressure and Flow Monitoring in Water Distribution Systems*

Referências Bibliográficas

ÅSTRÖM, K. J.; MURRAY, R. M. Feedback systems: an introduction for scientists and engineers. Princeton: Princeton University Press, 2021.

BANSAL, R. Three-phase self-excited induction generators: an overview. IEEE Transactions on Energy Conversion, v. 20, n. 2, p. 292-299, 2005.

GATIAL, E.; BALOGH, Z.; HLUCHÝ, L. Concept of energy efficient esp32 chip for industrial wireless sensor network. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ENGINEERING SYSTEMS (INES), 24., 2020. Proceedings... IEEE, 2020. p. 179-184.

GHEISI, A.; FORSYTH, M.; NASER, G. Water distribution systems reliability: A review of research literature. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 142, n. 11, 04016047, 2016.

HASSAN, Q. F.; MADANI, S. A. Internet of things: Challenges, advances, and applications. 2017.

HU, F.; HAO, Q. Intelligent sensor networks: the integration of sensor networks, signal processing and machine learning. Taylor & Francis, 2012.

MADAKAM, S.; LAKE, V. Internet of things (IoT): A literature review. Journal of Computer and Communications, v. 3, n. 5, p. 164, 2015.

OWENS, M. The definitive guide to SQLite. Berkeley: Apress, 2006.

ROSSMAN, L. A. An overview of epanet version 3.0. In: WATER DISTRIBUTION SYSTEMS ANALYSIS 2010, 2010. Proceedings... p. 14-18.

TORRES, A. B.; ROCHA, A. R.; DE SOUZA, J. N. Análise de desempenho de brokers MQTT em sistema de baixo custo. In: WORKSHOP EM DESEMPENHO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS E DE COMUNICAÇÃO, 15., 2016. Anais... SBC, 2016. p. 2804-2815.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNICEF. Global water supply and sanitation assessment 2000 report. Technical report, World Health Organization, 2000.

INTEGRAÇÃO DE MODELAGEM HIDROLÓGICA DISTRIBUÍDA EGEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE RISCO A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO MAMANGUAPE (PB) – PARTE 1: CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOMORFOLÓGICA.

Natália Maria Mendes Silva¹; Adriano Rolim da Paz².

Resumo

Os eventos de cheias fluviais podem ameaçar a segurança das pessoas e o desenvolvimento de uma região. Para mapear áreas suscetíveis a esse risco, a modelagem hidrodinâmica é fundamental, mas sua precisão está relacionada com a qualidade do Modelo Digital de Elevação (MDE). Nesse sentido, esta pesquisa analisou três produtos de elevação (SRTM, COPDEM e FABDEM) para avaliar a qualidade desses dados e a aplicabilidade na modelagem hidrológica. O procedimento metodológico seguiu as etapas de caracterização do relevo e da rede de drenagem, avaliação da acurácia vertical dos MDEs e classificação quanto ao Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais. Por fim, o tempo de viagem da bacia foi estimado para cada MDE. Os MDEs COPDEM e FABDEM demonstraram uma qualidade superior em relação à acurácia vertical. O SRTM tende a diminuir o tempo de concentração da bacia, o que pode contribuir para a superestimação de inundações em estudos hidrológicos.

Palavras-Chaves:

Modelo Digital de Elevação. Inundação. Modelagem Hidrológica. Acurácia Vertical.

¹ nataliamendes.07@gmail.com

² adrianorpaz@yahoo.com.br. Avaliação de produtos derivados de MDE para modelagem hidrológica distribuída de inundações na bacia do rio Mamanguape (PB). Integração de modelagem hidrológica distribuída e geotecnologias para avaliação de risco a inundações na bacia do rio Mamanguape (PB) – parte 1: caracterização hidrogeomorfológica.

DCA/CT- 3216-7355 deca@ct.ufpb.br

Apresentação

A crescente preocupação com a segurança da população e o desenvolvimento de cidades resilientes devido aos desastres socioambientais, especialmente as inundações decorrentes de cheias fluviais, tem se destacado como um desafio global. Esses eventos não apenas representam riscos iminentes para a segurança de pessoas e bens materiais, mas também podem ter um impacto significativo no desenvolvimento socioeconômico de uma região.

É nesse contexto que se insere o presente projeto de pesquisa, vinculado ao plano de trabalho intitulado "Integração de modelagem hidrológica distribuída e geotecnologias para avaliação de risco de inundações na bacia do rio Mamanguape (PB)". A área de estudo escolhida foi mais especificamente a sub-bacia do Sítio Passagem, inserida na bacia hidrográfica do rio Mamanguape, devido ao histórico de ocorrência de inundações que geraram graves consequências para a comunidade local (AAGISA, 2004; Barbosa, 2006).

Tendo em vista este contexto, a justificativa deste estudo reside na necessidade do mapeamento das zonas de risco como elemento fundamental para a gestão do uso e ocupação do local. Geralmente, a ferramenta ideal para isso é a modelagem hidrodinâmica, que utiliza como dado de entrada o Modelo Digital de Elevação (MDE). No entanto, os erros e incertezas desses produtos topográficos digitais, relacionados à resolução espacial e à qualidade dos dados, podem causar impactos significativos no resultado da modelagem de inundação. Compreender as características do relevo, a dinâmica da rede de drenagem e o tempo de viagem do escoamento é fundamental para utilizar de forma eficiente e precisa as ferramentas de modelagem computacional.

Nesse sentido, a presente pesquisa se propôs a analisar e comparar três produtos topográficos digitais (MDEs), visando aprimorar a modelagem hidrológica voltada para a prevenção e mitigação do risco de inundações que serão desenvolvidas nos próximos Planos de Trabalho vinculados a este Projeto de Pesquisa. Ao compreender os desafios e as potencialidades de cada conjunto de dados topográficos, é possível melhorar significativamente a capacidade de prever e mitigar os efeitos das inundações. Este trabalho representa, portanto, um passo importante rumo à construção de políticas e estratégias mais eficazes de gestão de riscos socioambientais.

Fundamentação teórica

Os eventos naturais de cheias fluviais podem colocar em risco a segurança de pessoas e bens materiais, comprometendo o desenvolvimento econômico de uma região (Fernandez et al., 2013). Condições físicas do local, como o tipo de terreno, a hidrografia e a declividade, definem as áreas

naturalmente suscetíveis a isso (Dantas, 2018). Embora não seja possível evitar os riscos de inundações ou prevenir sua ocorrência, é perfeitamente possível reduzir seus efeitos e as perdas resultantes. O mapeamento das zonas inundáveis em fenômenos extremos de precipitação é um elemento fundamental para o planejamento do uso e ocupação do solo e para a gestão do risco de inundações (Kreibich et al., 2022).

Os modelos computacionais desempenham um papel fundamental na gestão desses riscos, uma vez que permitem, de forma simplificada, a simulação dos processos complexos e possibilitam prever a resposta hidrológica diante de diversos eventos extremos de precipitação e diferentes usos e ocupações da terra (Tucci, 2005). Com o atual desenvolvimento computacional e maior disponibilidade de dados, as simulações podem ser feitas com relativa maior precisão e baixo esforço manual.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é utilizado como dado de entrada nesses estudos, representando a topografia da superfície terrestre. Conforme destacado por Maidment (2017), esse dado contribui para o planejamento, monitoramento e modelagem de áreas críticas, como regiões sujeitas a inundações. Além disso, essas informações têm grande importância para o desenvolvimento de projetos de recursos hídricos e para subsidiar avanços científicos (Lopes, 2022).

Diversos MDEs derivados de sensores orbitais têm sido disponibilizados sem custo aos usuários em todo o globo e têm subsidiado estudos hidrológicos com informações topográficas em diversas escalas. Como, por exemplo, o MDE fornecido pelo Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, disponível atualmente em uma escala de 30m e considerado a principal fonte de dados topográficos gratuitos globais de Sensoriamento Remoto (Paz; Collischonn, 2008). Esses dados obtidos pelo SRTM representam os elementos sobre a superfície do terreno (Lopes, 2022), incluindo a altitude referente a vegetação, casas e outros elementos superficiais.

Para resolver a incapacidade de alguns sensores de penetrar em áreas densamente vegetadas e fornecer a altitude referente à superfície terrestre em si, sem influência dos elementos superficiais, foram realizadas melhorias nos MDEs já existentes. Como exemplo, temos o Copernicus DEM - COPDEM (LI et al., 2022a), que propôs melhorias para remover a altitude superficial dos dados obtidos pela missão do satélite TanDEM-X (Li et al., 2022). Além disso, pode-se mencionar o Forest and Buildings Removed Copernicus DEM – FABDEM (Hawker et al., 2022), que teve o mesmo objetivo de melhoria.

No entanto, mesmo sendo amplamente utilizadas, essas versões derivadas frequentemente também apresentam erros verticais significativos, que podem exceder os limites aceitáveis para algumas aplicações, especialmente em contextos de escala local (Schumann; Bates, 2018). A resolução espacial e a qualidade do conjunto de dados podem produzir grandes diferenças nos

resultados de cada aplicação (Wilson, 2004), além de existirem diferentes tipos de erros observacionais, que não são desprezíveis para aplicações nas geociências e em outras áreas correlatas (YAMAZAKI et al., 2017).

Os erros e incertezas associados a produtos derivados de MDE podem ter origem em diversos fatores, como a fonte dos dados, a resolução espacial trabalhada, o algoritmo de processamento ou até mesmo as próprias características da área de estudo. Esses erros e incertezas se propagam ao longo da modelagem hidrológica, aumentando a dificuldade do modelo em prever as variáveis de interesse ou induzir ao ajuste excessivamente compensatório dos parâmetros do modelo. Desse modo, é pertinente que o usuário possua conhecimento dos erros e incertezas que compõem os dados digitais de elevação, uma vez que nenhum deles está isento da presença de erros posicionais (Simões et al., 2021).

Metodologia

A metodologia desse estudo foi dividida em quatro grandes etapas: (I) escolha das fontes de dados topográficos; (II) caracterização da rede de drenagem e da sub-bacia hidrográfica; (III) caracterização do relevo e (IV) tempo de viagem do escoamento da bacia. Essas etapas são descritas a seguir.

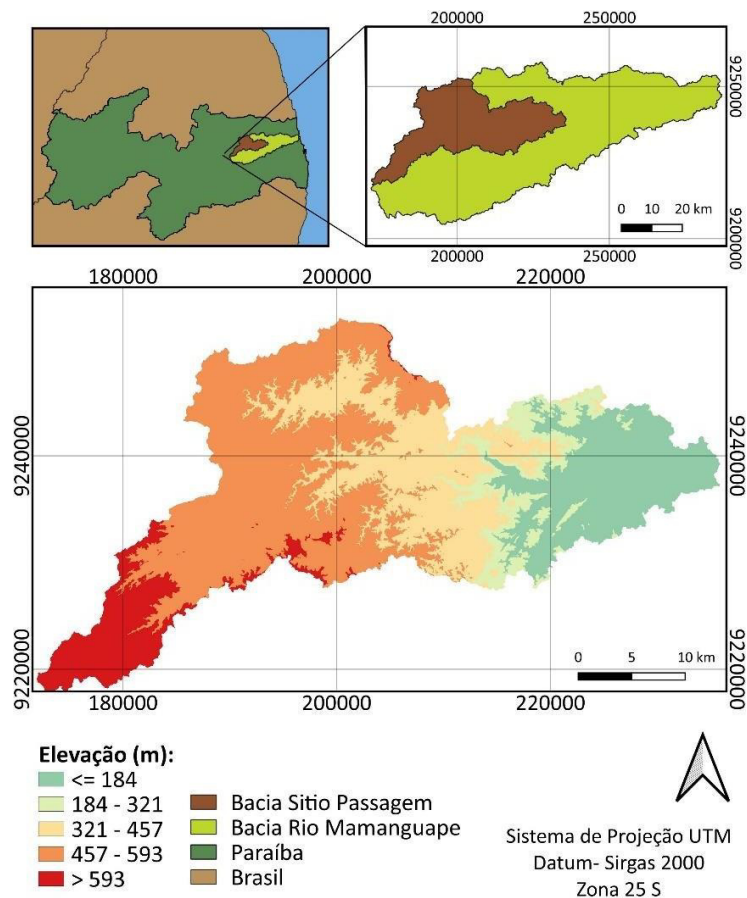
Área de estudo:

A área de estudo dessa pesquisa foi a sub-bacia do Sítio Passagem, localizada na porção noroeste da bacia do Rio Mamanguape (Figura 1), na região nordeste do estado da Paraíba.

A sub-bacia está parcialmente inserida na região do semiárido brasileiro, na mesorregião do Agreste paraibano (IBGE, 2022). A unidade hidrográfica possui uma área de drenagem de aproximadamente 910 km² e abrange parcialmente 14 cidades: Areial, Areia, Arara, Esperança, Remígio, Casserengue, Solânea, Alagoinha, Guarabira, Algodão de Jandaíra, Serraria, Pilões, Cuitegi e Pilõezinhos.

O período das chuvas na região se inicia em março e se estende até junho, com uma precipitação média anual entre 700 e 1.200 mm e um tipo climático classificado como As, de acordo com a classificação climática de Köppen (Santos, 2017). A sub-bacia abriga o Açude Tauá, com uma capacidade de armazenamento de 8.573.500 m³, que abastece parcialmente os municípios de Cuitegi, Guarabira, Pilõezinhos e Araçagi, com uma taxa de bombeamento de 216 m³/h (LIMA, 2017).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Autora (2023)

Seleção de fontes de dados de MDE:

Como primeira etapa metodológica, tem-se o levantamento e seleção de fontes de dados dos MDEs para uso nesta pesquisa. A escolha seguiu critérios de disponibilidade de dados gratuitos, relevância acadêmica e propostas de melhorias de novos modelos, com novas tecnologias na aquisição dos dados.

Dessa forma, três MDEs foram escolhidos: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Copernicus DEM (COPDEM) e o Forest And Buildings removed Copernicus DEM (FABDEM).

O SRTM foi disponibilizado gratuitamente pela U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) em 2000, inicialmente com uma resolução de 90 metros, que posteriormente foi melhorada para 30 metros. Ele continua sendo a principal fonte de informação topográfica digital, amplamente utilizada em âmbito global (Hawker et al., 2018), justificando a escolha deste dado.

O COPDEM foi disponibilizado em 2020 pela European Space Agency (ESA) e apresenta uma melhoria na aquisição dos dados, os quais foram obtidos por meio da missão do satélite TanDEM-X (Li et al., 2022). Essa missão utilizou um interferômetro SAR construído

por dois satélites quase idênticos voando em formação próxima. O FABDEM foi disponibilizado em 2021 e tem como principal característica ser o primeiro MDE global a remover as elevações correspondentes a árvores e edificações (Hawker et al., 2022).

Portanto, essas três fontes de informação topográfica digital foram escolhidas para o presente estudo. Os MDEs foram obtidos através dos sites do USGS (2022), University of Bristol (2022) e COPERNICUS (2022).

Pré-Processamento:

Para cada fonte de dado foram realizados a adequação do formato, o recorte espacial e o ajuste da projeção vertical e horizontal. Isso foi feito considerando uma área que engloba toda a bacia do Rio Mamanguape, com aproximadamente 4 mil colunas e 2 mil e 500 linhas, em uma resolução espacial de 30 metros.

Na etapa II, referente à caracterização do relevo, foram utilizados os MDEs brutos resultantes das etapas descritas anteriormente. Já nas etapas III e IV (caracterização da rede de drenagem e tempo de escoamento), foi necessário realizar o procedimento de remoção de depressões. Esse procedimento foi realizado utilizando o algoritmo proposto por Sedgewick (1992), o qual tem como objetivo garantir que todos os pixels possuam um caminho de fluxo contínuo.

Caracterização da rede de drenagem e da sub-bacia hidrográfica:

Para determinar os traçados da rede de drenagem de cada MDE, foram obtidas as direções de fluxo e as áreas acumuladas de drenagem, a partir do algoritmo proposto por Jenson e Domingue (1988), utilizando os MDEs sem depressões obtidos na etapa de pré-processamento. Com os resultados de área acumulada de drenagem, adotando-se um valor mínimo para a formação dos rios de 20km², obteve-se uma rede de drenagem para cada MDE. Esse valor foi adotado considerando como critério os pontos em que o percurso do rio inicia de acordo com a visualização de imagens de satélites da região.

Essas redes de drenagem foram caracterizadas de acordo com o comprimento do traçado e da declividade ao longo do trecho do rio principal, analisando comparativamente os efeitos de cada dado de elevação sob esses parâmetros físicos. A declividade foi calculada pelo método da declividade equivalente, segundo o qual o trecho total do rio principal, de comprimento L , foi subdividido em trechos menores, de comprimento L_i , então, a declividade de cada sub-trecho (I_i) foi calculada e assim, estimou-se a declividade equivalente (I_{eq}) do rio principal (Equação 1).

$$I_{eq} = \left(\frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Além disso, foram feitas três delimitações da sub-bacia hidrográfica do sitio Passagem, considerando cada um dos MDEs e utilizando como ponto de exutório a estação fluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), sob o código 38771000. Para cada sub-bacia resultante de um MDE, as características físicas de tamanho e forma do traçado foram analisadas comparativamente.

Caracterização do relevo:

Para realizar a caracterização do relevo para cada MDE, foram analisados quatro parâmetros comparativos: curvas hipsométricas, perfis transversais de elevação, perfil longitudinal do rio principal e comparação altimétrica. A metodologia dessas etapas está descrita a seguir.

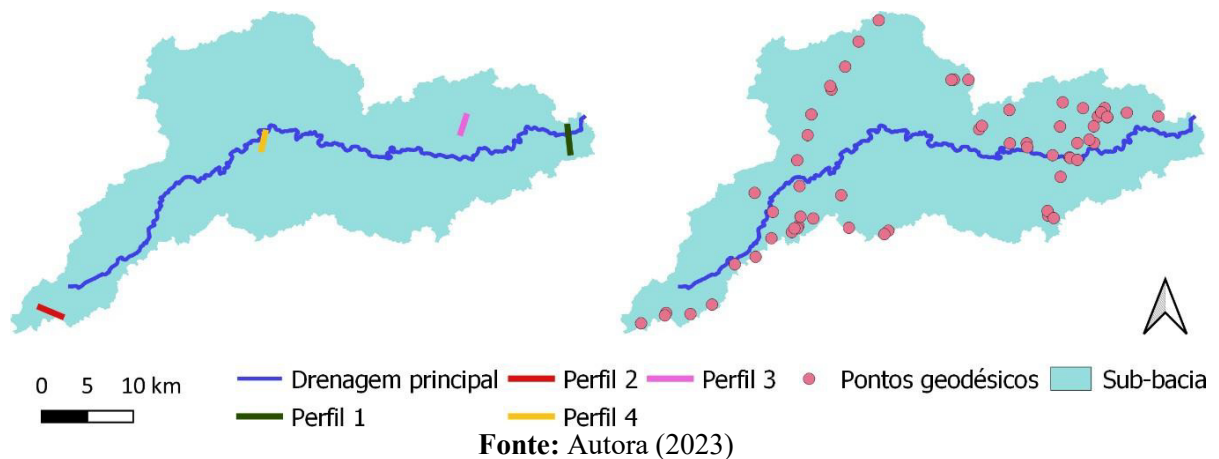
- *Curvas hipsométricas*

A curva hipsométrica é a representação gráfica do relevo de uma bacia de forma cumulativa, quantificando a percentagem da área que corresponde a um intervalo de elevação. Isto é, de forma exemplificativa, através da curva hipsométrica é possível quantificar a área da bacia que está dentro de um intervalo de 200 a 300 metros ou identificar a porção da bacia que está acima de uma determinada elevação. Essa informação do relevo foi feita a partir da elaboração de histogramas de frequência de elevação dos pixels contidos na região delimitada pela bacia, para cada fonte de dados e considerando um intervalo de elevação de 100m.

- *Perfis transversais de elevação e perfil longitudinal do rio principal*

Foram feitos 4 perfis transversais de elevação (Figura 2-a), com o intuito de averiguar a altitude do relevo ao longo da distribuição planimétrica de cada perfil. A distribuição dos perfis teve como objetivo englobar diferentes classes de uso do solo, para comparar o efeito da vegetação e urbanização vertical nas diferentes fontes de dados topográficos. Essa etapa foi feita a partir da criação manual de vetores do tipo linha, sobrepostos aos MDEs do SRTM, FABDEM e COPDEM, além da utilização de imagens de satélite da região para a interpretação e associação ao uso e ocupação da terra em cada ponto de elevação do perfil. Além disso, para cada fonte de dado foi traçado o perfil longitudinal do rio principal, com o intuito de descrever a elevação do terreno ao longo do percurso da calha do rio. Essas etapas foram feitas através de *softwares* de geoprocessamento e com o auxílio do *Excel*.

Figura 2: a) Distribuição dos perfis transversais; b) disposição dos marcos geodésicos



- *Comparação altimétrica*

Por fim, a acurácia vertical dos modelos digitais de elevação foi analisada através da comparação com os dados de elevação dos marcos geodésicos fornecidos pelo Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Marcos geodésicos são pontos materializados no solo, em sua grande maioria, através de monumentos de concreto que recebem uma chapa de metal no seu topo, identificando o seu respectivo código. Informações de coordenadas, altitudes e/ou gravidade destas estações são determinadas por meio da aplicação de procedimentos técnicos, e estão disponíveis através do Relatório de Estação Geodésica (REG). O portal *online* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) disponibiliza essas informações através de um SIG *online* com interface atrativa e de fácil entendimento.

Optou-se por utilizar apenas a altimetria obtida através de estações de medição do tipo de Referência de Nível (RN), devido a sua maior precisão, o que possibilita uma maior coerência na verificação da acurácia dos modelos digitais. Dessa forma, foram selecionados 48 marcos que estão inseridos dentro da delimitação da bacia hidrográfica (Figura 2-b) e possuem medição de elevação do tipo RN.

A partir dessas informações, foi utilizado o método da Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE) para avaliar o Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD). O Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, estabeleceu as diretrizes regulamentadoras para as normas técnicas cartográficas, estabelecendo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). No entanto, o advento de novas tecnologias da cartografia digital levou a uma revisão dos padrões estabelecidos pelo decreto de 84, gerando uma normativa mais restritiva, a PEC-PCD, para atender o padrão de exatidão de produtos cartográficos digitais.

A PEC determina a qualidade dos produtos cartográficos digitais em 4 classes: A, B, C e D, de acordo com a resolução espacial necessária para a utilização do produto. A classe A significa uma maior qualidade do produto cartográfico, com um menor número de erros,

enquanto a classe D apresenta uma maior suscetibilidade a divergência nos valores de altitude.

A PEC-PCD estabelece que para cada classe pelo menos 90% dos pontos comparados devem ter uma diferença altimétrica (DF) menor do que o valor padrão estabelecido pela normativa. Isto é, 90% dos pontos amostrais devem ter uma diferença altimétrica (DF) entre o ponto de referência e o respectivo valor do MDE menor do que o valor estabelecido pela PEC-PCD. Em paralelo a isso, o RMSE do grupo amostral também deve estar abaixo do valor fixado para cada resolução especial e para cada classe. Esses valores estão descritos na Tabela 1. O RMSE foi calculado de acordo com a Equação 2.

Tabela 1 – Padrões de exatidão cartográfica da PEC-PCD

PEC-PCD	1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
	DF	RMSE	DF	RMSE	DF	RMSE	DF	RMSE
	(m) <	(m) <	(m) <	(m) <	(m) <	(m) <	(m) <	(m) <
A	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66	50,00	33,33
C	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
D	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Fonte: Adaptado de Cremon et al., 2022.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - z_{ref})^2}{n}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que, o z_i é o valor de altitude do MDE, z_{ref} é o valor de referência do marco geodésico e n é o número de pontos analisados.

Tempo de viagem do escoamento da bacia

O tempo de viagem de escoamento de uma bacia é o tempo em que a água demora para escoar de um determinado ponto até o exutório da bacia. Quando se trata do tempo de viagem do ponto mais remoto, mais distante do exutório, têm-se o tempo de concentração da bacia.

Conhecer o tempo de escoamento de uma bacia hidrográfica é de fundamental importância para analisar a tendência de cheias da região. Quanto menor o tempo de viagem, maior a tendência a inundação pois, a água irá convergir rapidamente para o exutório da bacia, gerando zonas alagáveis e repercutindo em danos físicos e socioambientais naquela região.

Para a estimativa do tempo de viagem, considerou-se um tempo de retorno de 200 anos e utilizou-se a curva de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) do município de Areia (CAMPOS

et al., 2017). O método Soil Conservation Service (SCS) (Cho; Engel; Merwade, 2018) foi utilizado a partir de uma rotina computacional desenvolvida pelo grupo de pesquisa ao qual esse projeto está vinculado, a qual através de uma adaptação do método calcula o tempo de viagem de cada pixel da bacia até o exutório.

Nessa metodologia, é necessário informar quatro parâmetros de entrada: (1) dados da topografia do terreno (MDEs do SRTM, COPDEM e FABDEM); (2) uso e cobertura do solo, obtidos pelo projeto MapBiomas (SOUZA et al., 2020); (3) características físicas da rede drenagem, como declividades e comprimentos dos trechos de rios, extraídos diretamente de cada fonte de dados dos MDEs; e (4) informações sobre a rugosidade do terreno e canais (coeficiente de Manning).

A classificação do uso e cobertura da terra obtida diretamente do MapBiomas foi reclassificada de forma a simplificar a execução do método. Grupos de cobertura que possuem coeficiente de Manning semelhantes foram agrupados, como por exemplo, vegetação campestre e vegetação rasteira. Os coeficientes adotados para cada cobertura estão descritos na Tabela 2. Os valores foram adotados de acordo com os valores de referência do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (2005).

Tabela 2 – Coeficientes de Manning utilizados de acordo com o uso e cobertura da terra

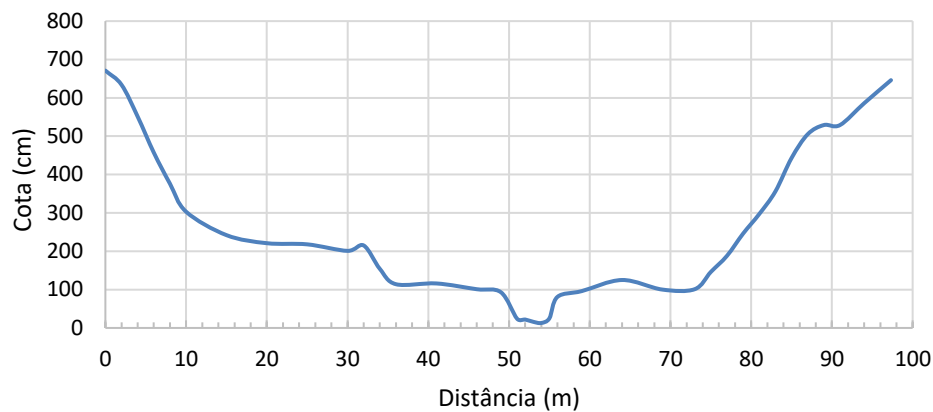
Uso e cobertura da terra	Coeficiente de Manning
Superfície impermeável	0,011
Agricultura e pastagem	0,130
Floresta	0,800
Vegetação rasteira	0,400
Água	0,010

Fonte: Autora(2023)

Como mencionado, o ponto de exutório da bacia foi o posto fluviométrico da ANA denominado de Sítio Passagem. No portal digital da HIDROWEB são disponibilizadas informações sobre a seção transversal do rio neste local, sendo possível o cálculo do raio hidráulico com a ajuda de *softwares* do tipo *AutoCad* e *Excel*. A representação gráfica da seção do trecho onde está localizado o posto fluviométrico do Sítio Passagem pode ser visualizada na Figura 3.

O raio hidráulico foi calculado a partir da calha do rio destacada em vermelho, considerando que o restante da área se trata da planície de inundação. Para os demais trechos da bacia, foi estimada uma diminuição de 5 a 20% desse raio hidráulico, considerando a distância do trecho e a disposição, sendo ele pertencente ou não ao rio principal.

Figura 3 – Seção transversal do rio no ponto do posto fluviométrico do Sítio Passagem



Fonte: Autora (2023)

O escoamento da bacia é dividido em duas partes: escoamento em superfície e escoamento em canal (ou calha do rio). Nos pontos mais elevados da bacia inicia o escoamento superficial, em que não há um caminho de fluxo definido e o escoamento percorre a superfície de forma razoavelmente uniforme e rasa (LIMA, 2021). O tempo de viagem (T_s) desse tipo de escoamento pode ser expresso pela simplificação da solução de onda Cinemática-Manning (NRCS, 2004) (Equação 3).

$$T_s = \frac{5,474 \cdot (n \cdot L)^{0,8}}{P_{24}^{0,5} \cdot S^{0,4}} \quad (\text{Eq.3})$$

Em que, n é o coeficiente de rugosidade de Manning do tipo de solo em questão; L é a distância percorrida pelo escoamento; $P_{24}^{0,5}$ é a lâmina de precipitação em 24h de duração, segundo a curva IDF e o tempo de retorno escolhido; e S é a declividade do trecho do escoamento. Essa equação é calculada pixel a pixel de toda área da bacia.

Para o escoamento em canal o tempo de viagem é obtido a partir da Equação de Manning (Equações 4 e 5).

$$V = \frac{Rh^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$T = \frac{L}{V} \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que, as variáveis Rh e V são respectivamente o raio hidráulico e a velocidade do escoamento.

Atividades Complementares

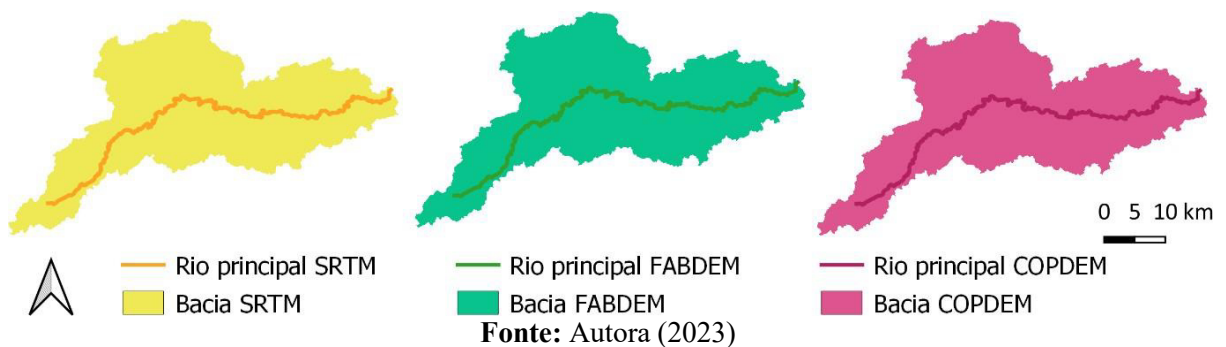
Para a execução desse plano de trabalho, fez-se necessário um grupo de estudo com os alunos de doutorado e mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), cujos temas de trabalho estão alinhados com a presente pesquisa. Foram compartilhados materiais básicos de introdução ao tema estudado, como videoaulas, artigos e ferramentas de apoio. A interação desse grupo de estudo permitiu o engajamento e contribuição em outras pesquisas, aumentando o aprendizado e a experiência no tema. Como resultado prático, houve a coautoria na elaboração de dois artigos, intitulados de “Estimativa de áreas inundáveis no meio urbano a partir do descritor do terreno HAND: desafios e oportunidades” e “Algoritmo de upscaling de direções de fluxo com paralelização e otimização de memória RAM”. Esses artigos foram aprovados no XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Além disso, está em fase de finalização dois artigos elaborados por toda a equipe e que pleiteiam um periódico internacional.

Resultados e Discussão

Caracterização física da rede de drenagem e da bacia hidrográfica:

Em relação à delimitação da bacia e à definição da rede de drenagem, considerando cada uma das fontes topográficas, não houve diferenças significativas nos resultados. Isto é, os resultados do formato e tamanho da bacia, comprimento, declividade e disposição do traçado do rio principal foram muito semelhantes para todos os MDEs (Figura 4).

Figura 4 – Delimitação da sub-bacia e rede de drenagem para cada MDE



Os valores exatos desses parâmetros físicos estão descritos na Tabela 3. Em relação à delimitação da bacia, a diferença entre os MDEs resultou em um percentual de diferença de área menor do que 1%, sendo o COPDEM com a maior área (911,59km²) e o SRTM com a menor área (909,40 km²). Esse padrão também se repetiu para o comprimento do rio principal, de forma que o

comprimento do rio delimitado através do COPDEM foi 2,54% maior do que o comprimento do rio delimitado pelo SRTM. Em relação à declividade do rio principal, o COPDEM apresentou o menor valor, enquanto que o FABDEM resultou em uma maior declividade. Mesmo assim, essas diferenças são mínimas e quase imperceptíveis para estudos hidrológicos em grande escala.

Tabela 3 – Características físicas da sub-bacia e drenagem principal

Parâmetro analisado:	SRTM	FABDEM	COPDEM
Área total da bacia (km ²)	909,40	911,57	911,59
Comprimento do rio principal (km)	97,53	99,55	100,07
Declividade do rio principal (m/km)	3,21	3,27	3,20

Fonte: Autora (2023)

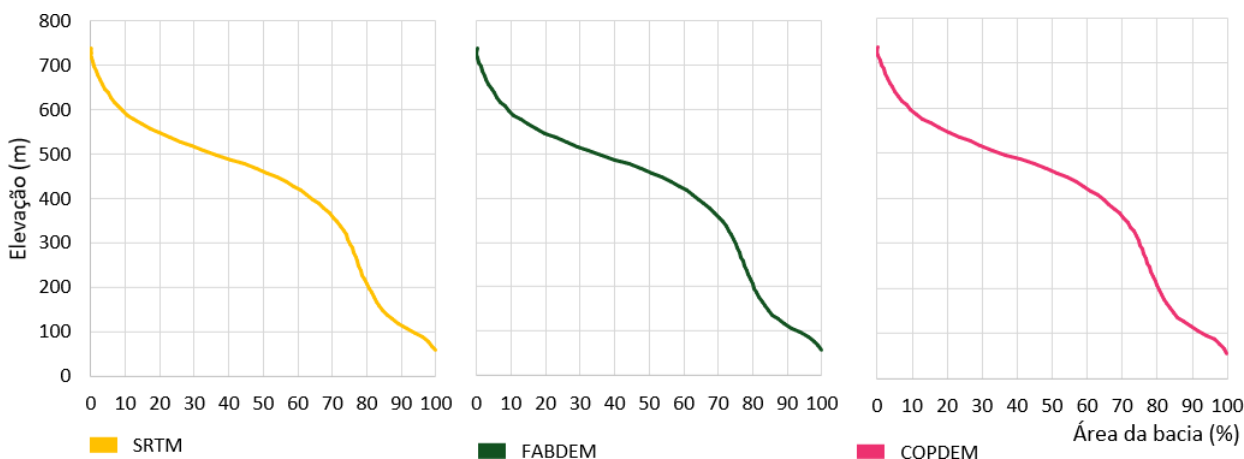
Outros autores ao analisar comparativamente o efeito de diferentes MDEs na caracterização de bacias hidrográficas e redes de drenagem concluíram que uma resolução espacial mais fina, mais detalhada, produzem diferenças significativas nesses aspectos, principalmente na disposição do traçado da rede de drenagem (Almeida, 2023).

Caracterização do relevo:

- *Curvas hipsométricas:*

As diferenças entre as curvas hipsométricas geradas a partir do SRTM, FABDEM e COPDEM para a bacia do Sítio Passagem são desprezíveis (Figura 5), as diferenças de elevação são mínimas. Em termos absolutos, no SRTM 50% da bacia está abaixo de 458m, enquanto que no FABDEM 50% da bacia está abaixo de 457 m. No COPDEM, a altitude correspondente é de 456m. Ou seja, uma diferença total de no máximo 3 metros.

Figura 5 – Curvas hipsométricas da sub bacia considerando cada fonte topográfica



Fonte: Autora (2023)

Ainda em termos absolutos, o maior valor de altitude da bacia pelo SRTM é 737 m, já para o FABDEM, o valor máximo é de 731,44 m, enquanto que para o COPDEM, 732,09 m. O que representa uma diferença de aproximadamente 6 metros de elevação entre os MDEs.

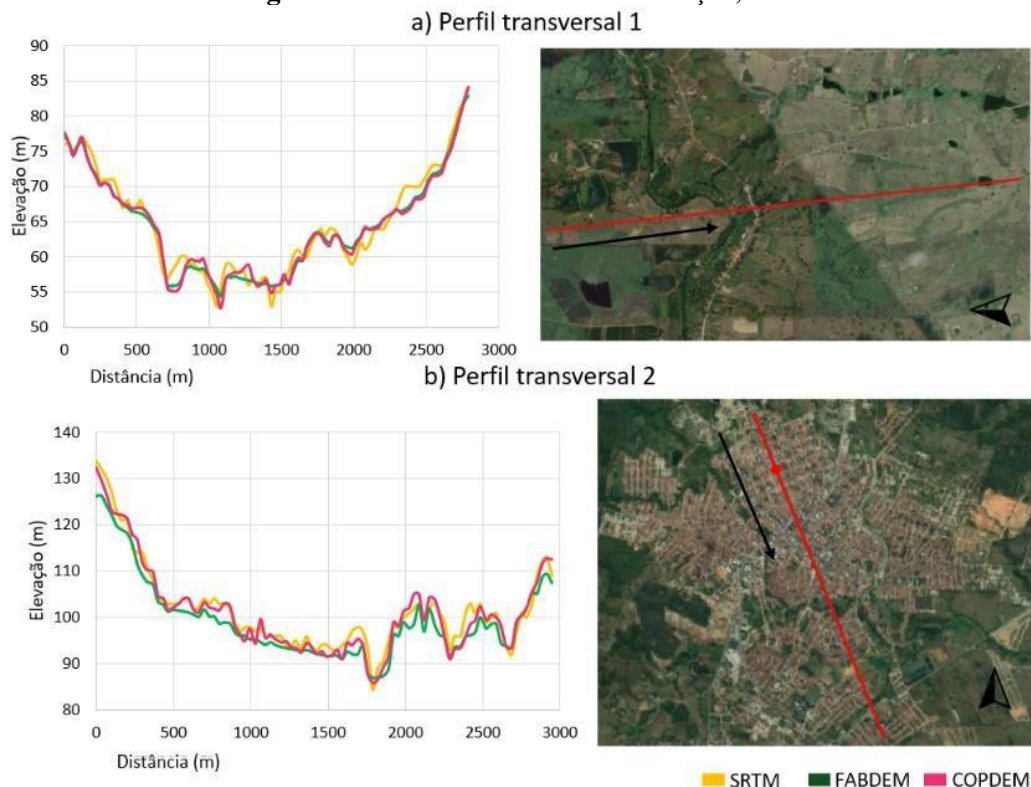
Uma curva hipsométrica representa a topografia geral e a distribuição do relevo de uma bacia, dessa forma pode ser influenciada por uma espécie de efeito de compensação entre áreas de sub e superestimação de elevações ao comparar fontes de dados topográficos diferentes (Mendonça, 2022), não sendo possível avaliar o padrão de acerto ou erros de altitude dos diferentes MDEs.

- *Perfis transversais de elevação*

Foram feitos 4 perfis transversais, variando o uso e cobertura do solo. O perfil 1 foi delimitado em uma área de agricultura e pastagem e o perfil 2 em uma área de ocupação urbana (Figura 6).

De forma geral, o SRTM apresentou as maiores elevações, se sobressaindo em vários pontos ao FABDEM e COPDEM. Estes, por sua vez, não apresentaram grandes diferenças entresi no perfil de agricultura e pastagem (Perfil 1), no entanto, na área urbana fica evidente que o FABDEM apresenta valores inferiores de elevação.

Figura 6 – Perfis transversais de elevação, 1 e 2

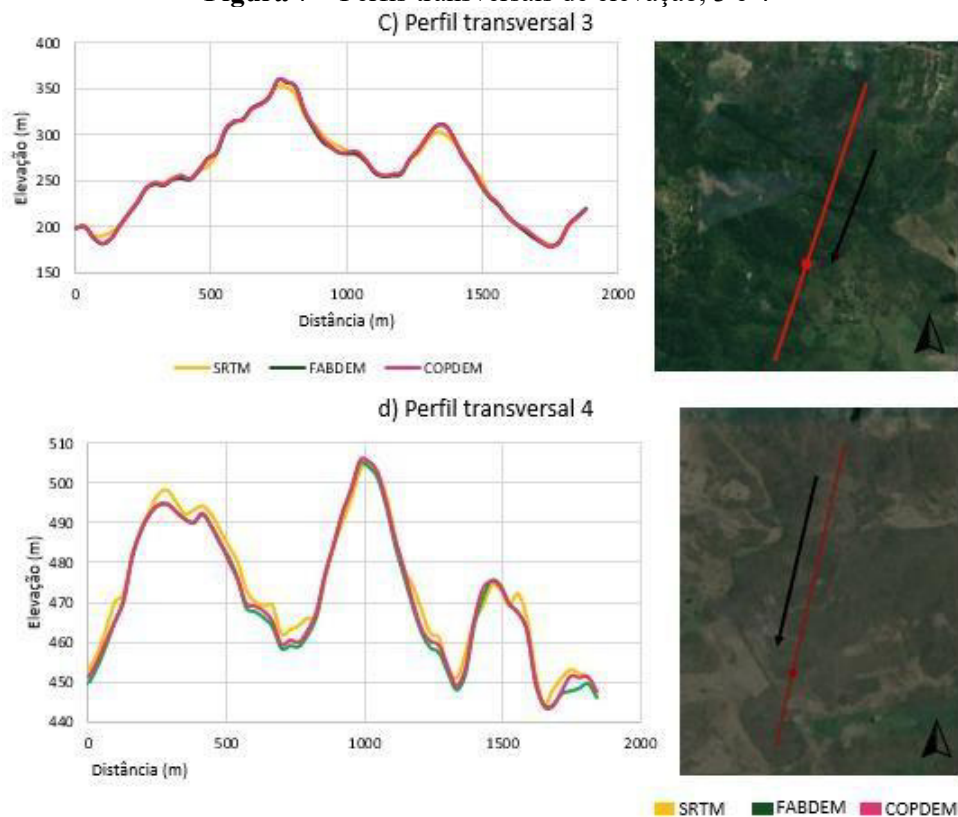


Fonte: Autora (2023)

Os perfis 3 e 4 foram delimitados respectivamente em áreas de vegetação arbórea e áreas

de vegetação rasteira, típica da caatinga (Figura 7).

Figura 7 – Perfis transversais de elevação, 3 e 4



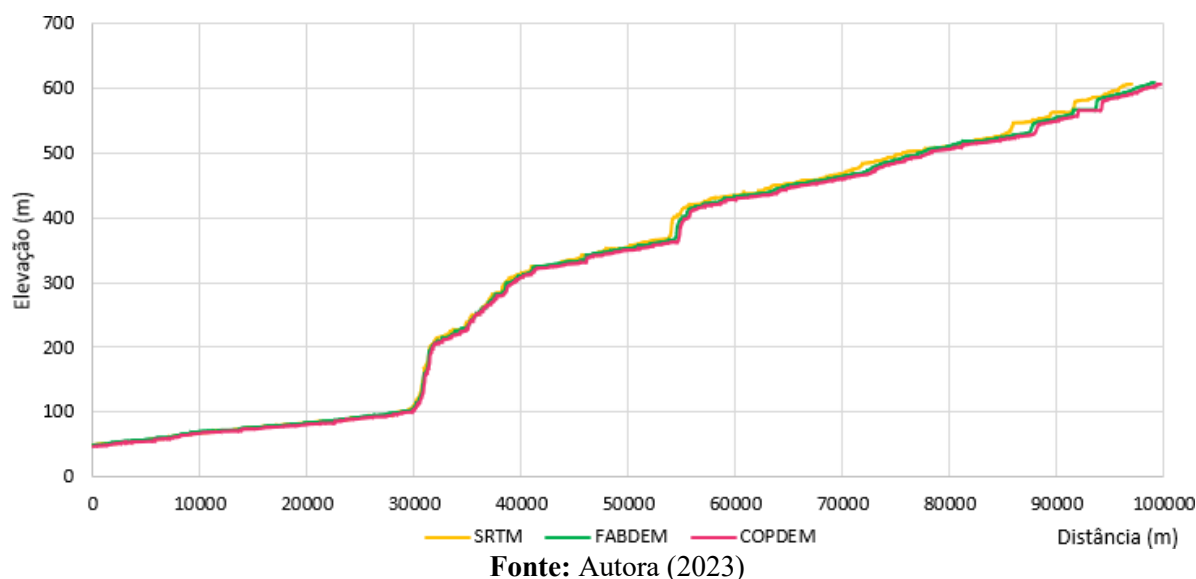
No perfil traçado sobre a vegetação arbórea não houve diferenças significativas entre os três MDEs, o que contradiz a proposta do FABDEM em remover a altitude referente a vegetação (Hawker et al., 2022). Já no perfil 4, traçado sobre vegetação rasteira, o FABDEM apresentou a menor altitude em alguns pontos, enquanto que o SRTM de forma geral se manteve com as maiores altitudes.

- *Perfis longitudinal de elevação*

Em relação ao perfil longitudinal, graficamente não é possível identificar diferenças significativas entre as elevações de cada MDE (Figura 8).

No entanto, em termos de valores absolutos, o SRTM apresentou 92,5% de sua drenagem com altitude mais elevada do que a drenagem do FABDEM e ainda, 72,41% mais elevada que o COPDEM. Além disso, o FABDEM ficou em 98% dos pontos com altitude superior do que o COPDEM. Isto é, de forma geral no traçado do rio principal o SRTM apresentou as maiores elevações, seguido pelo FABDEM e, por último, o COPDEM.

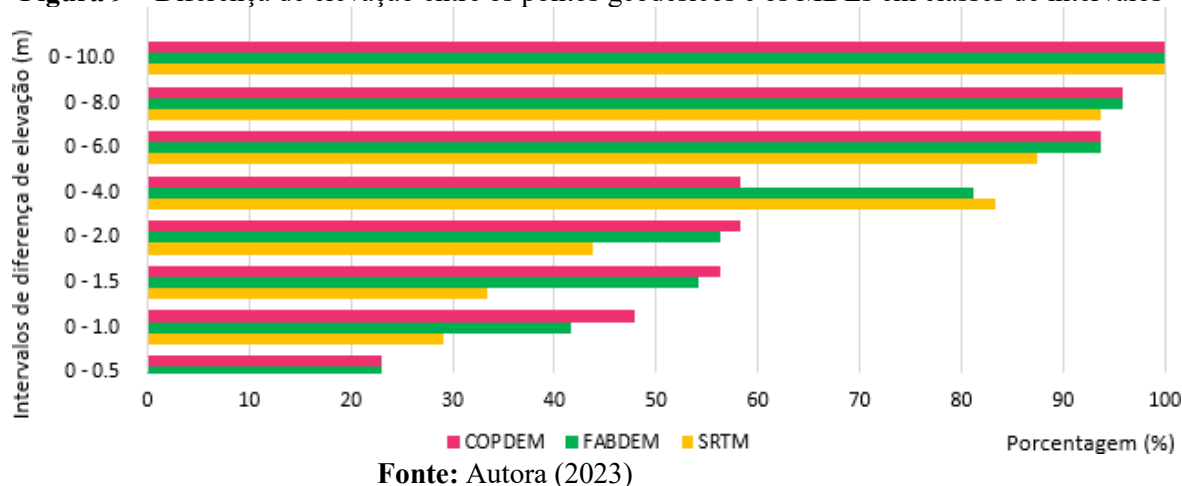
Figura 8 – Perfil longitudinal do rio principal para cada MDE



- *Comparação altimétrica*

A altitude de referência de cada marco geodésico foi comparada com a respectiva altitude de cada MDE. A Figura 9 traz os dados de diferença de elevação em forma de intervalos de classes, indo de uma diferença máxima de até 0,5 metros até uma diferença máxima de até 10 metros. O eixo x informa a porcentagem de pontos que ficaram em cada intervalo de diferença máxima de elevação.

Figura 9 – Diferença de elevação entre os pontos geodésicos e os MDEs em classes de intervalos



É importante destacar que para o COPDEM e FABDEM, mais de 20% dos pontos apresentaram uma diferença altimétrica menor do 0,5 metros, além de que, para esses MDEs 50% dos pontos analisados apresentam uma diferença de elevação menor do que 1,5m. Para o SRTM, 50% dos pontos estão na classe de diferença altimétrica de até 4 metros, o que representa uma diferença considerável na acurácia desses dados.

Em relação à classificação do Padrão de Exatidão Cartográfica para produtos digitais,

para uma escala de 1:25.000, os MDEs do FABDEM e COPDEM se enquadram na Classe de qualidade C, enquanto que o SRTM ficou apenas na Classe D. Considerando a escala de 1:50.000, todos os MDEs foram classificados na classe B. Para os demais valores de escala, os MDEs ficaram na classificação A. Isso significa que para estudos em grande escala a qualidade dos MDEs é satisfatória mas, se tratando de aplicações em uma escala menor, é necessária a avaliação dos MDEs para verificar se de fato eles representam satisfatoriamente a topografia do terreno para o nível de detalhamento requerido.

Diferentemente do resultado encontrado nesse estudo, Cremon et al. (2022) concluíram que o COPDEM cumpre os requisitos das normas brasileiras para mapas topográficos de Classe B para escala de 1:25.000 e Classe A na escala de 1:50:000, para a região do Centro-Oeste brasileiro. Ou seja, os autores verificaram uma melhor qualidade no MDE do COPDEM do que a obtida nesse estudo.

Já para os dados SRTM, Orlandi (2016) classifica a qualidade das informações na Classe B para escala de 1:100.000, usando como área de estudo pontos amostrais de todo o Brasil, enquanto que no presente estudo, o MDE SRTM foi classificado na Classe A. Ou seja, a qualidade do SRTM avaliada nesse estudo foi superior a qualidade encontrada na literatura.

Em relação ao FABDEM não se encontrou até o momento nenhum estudo que abordasse a acurácia vertical desses dados em território brasileiro, o que reforça a necessidade da avaliação dessa nova fonte de dados.

Outro ponto a ser considerado é que essas diferenças na classificação dos MDEs através da PEC-PCD, quando comparados a outros estudos, podem ser associadas a vários motivos, como a quantidade de pontos amostrais utilizados, ou o uso e cobertura da terra de cada região e ainda pela latitude e longitude de cada área de estudo, que são fatores que acabam influenciando na qualidade do dado de elevação.

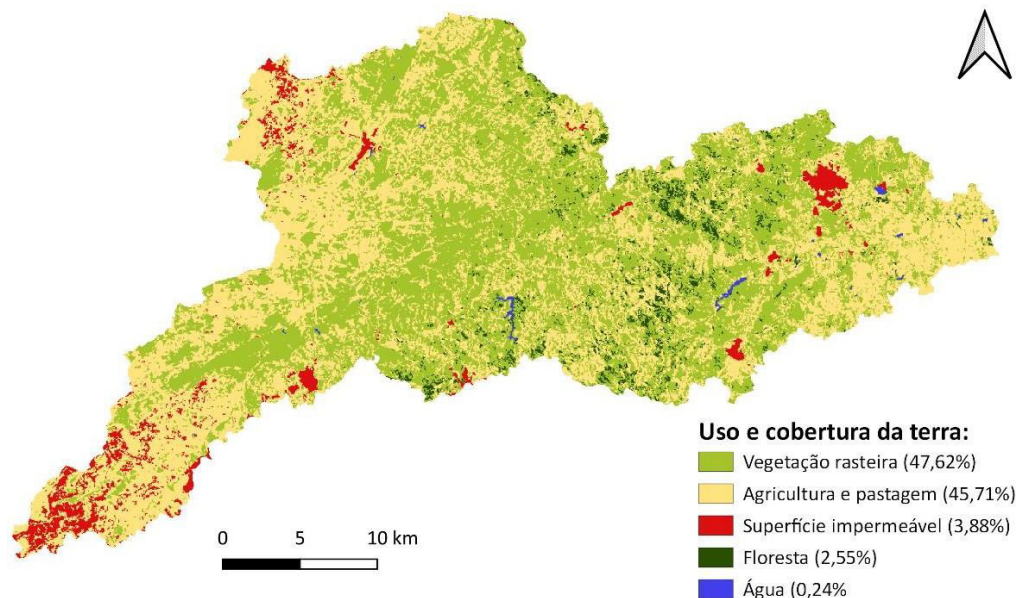
- *Tempo de viagem do escoamento superficial da bacia*

A Figura 10 é a classificação de uso e cobertura da terra simplificada a partir das informações do MapBiomass. As classes de ocupação dominantes são de vegetação rasteira e agricultura e pastagem, somando juntas mais de 93% de toda a ocupação da bacia.

O tempo de viagem do escoamento de cada pixel até o exutório da bacia foi calculado considerando cada um dos MDEs. Em termos absolutos, o maior tempo de viagem foi derivado dos MDEs do FABDEM e COPDEM, com aproximadamente 159 horas, enquanto que o SRTM teve o tempo de viagem máximo de apenas 153 h. Isso quer dizer que para um determinado evento de chuva, toda a água que cai no território da bacia demora aproximadamente 159 horas para chegar na foz, segundo o COPDEM e o FABDEM. Na Figura 11 as extremidades da bacia

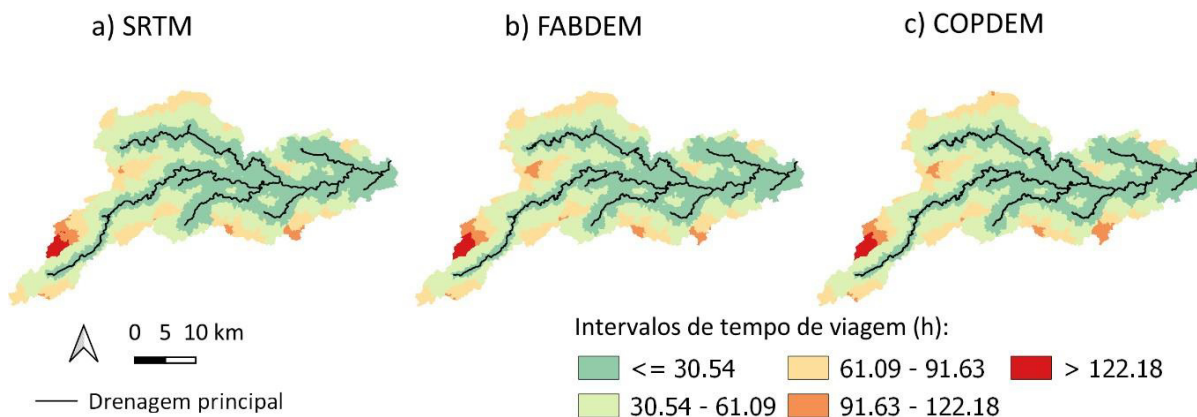
apresentam o maior tempo de viagem de escoamento, enquanto que os trechos mais próximos à drenagem principal escoam mais rapidamente para calha do rio e consequentemente chegam mais rápido ao exutório.

Figura 10 – Uso e ocupação da terra simplificado de acordo com a classificação do MapBiomas



Fonte: Auotra (2023)

Figura 11 – Tempo de viagem de escoamento da bacia considerando cada fonte de dado de elevação



Fonte: Autora (2023)

Um ponto importante a destacar é que não somente a distância física do ponto analisado até a foz que determina o tempo de escoamento, mas, as características de relevo e uso e cobertura da terra influenciam diretamente. Áreas urbanas, com uma grande quantidade de solo impermeável contribui para o rápido escoamento da água, enquanto que áreas de vegetação florestal promovem a infiltração e resultam em um escoamento mais lento.

Em relação ao tempo de viagem do ponto mais remoto do canal de drenagem, o SRTM apresentou o menor tempo de viagem, enquanto que o FABDEM apresentou o maior tempo de

escoamento. Essa diferença foi de 111 minutos. Já o COPDEM apresentou um tempo de viagem 31 minutos mais lento do que o resultado do FABDEM.

O tempo de concentração de uma bacia é determinado de acordo com o maior tempo de escoamento até o exutório. Como o SRTM apresentou os menores valores de tempo de viagem de escoamento, isso significa um menor tempo de concentração, o que pode ocasionar a superestimação de estudos hidrológicos de inundação.

Conclusões

A modelagem hidrodinâmica é de fundamental importância para o gerenciamento de riscos de inundações e gestão de uso e ocupação de áreas afetadas. Esses estudos usam Modelos Digitais de Elevação (MDEs) como dado de entrada, que são essenciais para a extração de informações hidrológicas. A qualidade do dado topográfico e a resolução podem afetar diretamente os resultados desses estudos de modelagem hidrológica de inundações. Dessa forma, esse plano de trabalho avaliou três MDEs, com o objetivo de comparar caracterizações de relevo, avaliar o impacto da fonte dos MDEs na rede de drenagem e caracterizar o tempo de escoamento na sub-bacia do Sítio Passagem.

De forma geral, não houve diferenças significativas na caracterização do relevo e da rede de drenagem a partir de cada um dos MDEs. Mas, foi possível verificar uma qualidade superior do COPDEM e FABDEM na acurácia vertical a partir dos pontos geodésicos. Além de que, a partir dos perfis transversais de elevação ficou evidente que, dependendo do uso e cobertura da terra, podem haver diferenças significativas entre os MDEs. Em relação ao tempo de viagem do escoamento, houve uma tendência do SRTM em diminuir o tempo de escoamento, podendo levar à superestimação do risco a inundação.

Esse resultado ressalta a importância da escolha criteriosa dos MDEs na modelagem hidrológica, considerando as peculiaridades de cada fonte de dados e limitações. Além disso, é de extrema importância que novos estudos sejam feitos para avaliar a qualidade desses dados para a modelagem hidrológica de grande e pequena escala, considerando a variabilidade da qualidade dos MDEs de acordo com a localização da área de estudo e do uso e cobertura da terra.

Referências bibliográficas

- AAGISA (Agência de Águas, Irrigação e Saneamento do Estado da Paraíba). **Relatório sobre a Elaboração do Mapa de Inundações: Bacia do Rio Mamanguape/PB**. Volume I: Visita Técnica06 a 12/02/04. 50 p., Paraíba. 2004.
- BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- BRASIL. Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Diário Oficial da União, 20 de junho de 1984.
- CAMPO, A. R. et al. **Estimative of intense rainfall equation parameters for rainfall stations of the Paraíba State, Brazil**. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v.47, n. 1, p. 15-21, 2017.
- CREMON, É. H. et al. **Avaliação da altimetria do MDE COP-30 no Centro-Oeste do Brasil**. Revista Brasileira de Cartografia. vol. 74, n. 3, 2022.
- CHO, Y.; ENGEL, B. A.; MERWADE, V. M. **A spatially distributed Clark's unit hydrographbased hybrid hydrologic model (Distributed-Clark)**. Hydrological Sciences Journal, v. 63, n. 10, p. 1519–1539, 2018.
- DANTAS, Camila Galindo. **Experiências e aprendizado: Rio Aricanduva: prevenção, resposta e mitigação**. In: Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de desastre. SULAIMAN, Samira Nascimento; JACOBI, Pedro Roberto. São Paulo: IEE-USP, 2018.
- FERNANDEZ, P.; MOURATO, S.; MOREIRA, M. **Comparação dos modelos HEC-RAS e LISFLOOD-FP na delimitação de zonas inundáveis**. Revista Recursos Hídricos, Vol. 34, Nº 1, p. 63 – 73, 2013.
- HAWKER, L.; Bates, P.; Neal, J.; Rougier, J. **Perspectives on Digital Elevation Model (DEM) Simulation for Flood Modeling in the Absence of a High-Accuracy Open Access Global DEM**. Frontiers of Earth Sciences, 6:233, 2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Quadro Geográfico de Referência para Produção, Análise e Disseminação de Estatísticas: Semiárido**. Rio de Janeiro, 2022.
- IPH, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - Manual de Drenagem Urbana**, Porto Alegre: IPH/UFRGS, 223p., 2005.
- JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. **Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 54, n. 11, p. 1593–1600, 1988.
- KREIBICH, H. et al. **The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management**. Nature 608, p. 80–86, 2022.
- LIMA, D. M. **Abordagens distribuídas para simulação do escoamento superficial baseados no Modelo Digital de Elevação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba, 2021.

- LIMA, E. G. **Barragem Tauá – Cuitegi/Paraíba: análise da distribuição de água e suas dificuldades.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia). Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Humanidades, 2017.
- LI, H. et al. **Global DEMs vary from one to another: an evaluation of newly released Copernicus, NASA and AW3D30 DEM on selected terrains of China using ICESat-2 altimetry data.** International Journal of Digital Earth, pp. 1-20, 2022.
- MAIDMENT, D. R. **Conceptual Framework for the National Flood Interoperability Experiment.** AWRA Journal of the American Water Resources Association, v. 53, n. 2, p. 245–257, abr. 2017.
- MENDONÇA, R, L. **Modelo do Terreno LIDAR para caracterização topográfica e redes de drenagem.** Tese de doutorado (Engenharia civil e ambiental). Universidade Federal da Paraíba. 196p. 2022.
- NRCS. **National Engineering Handbook:** Disponível em: <<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=STELPRD B1043063>>. Acesso em: 12 julho. 2023.
- PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. **Derivacao de rede de drenagem a partir de dados do SRTM.** Revista Geográfica Acadêmica, v. 2, n. 2, p. 84–95, jul. 2008b.
- SANTOS, P. R. M. F. D. **Climatologia do estado da Paraíba.** EDUFPG. 1º ed, Campina Grande, 75p. 2017.
- SCHUMANN, G. J.-P.; BATES, P. D. **The Need for a High-Accuracy, Open-Access Global DEM.** Frontiers in Earth Science, v. 6, p. 225, 4 dez. 2018.
- SEDGEWICK, R. **Algorithms in C++.** 1. ed. Reading (Mass.) New York Paris [etc.]: Addison-Wesley, 1992.
- SOUZA, C.M. et. al. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine.** Remote Sensing, Volume 12, 2020.
- TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 234p., 2005.
- WILSON, M. D. **Evaluating the effect of data and data uncertainty on predictions of flood inundation.** Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering, Science and Mathematics. University of Southampton, Southampton, p. 252, 2004.

CONCEPÇÃO DE UM VCO 80 GHz EM TOPOLOGIA COLPITTS MODIFICADA

Wendell Daniel Fernandes de Sousa¹

Orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Lisboa de Souza²

RESUMO: Em comunicações de alta velocidade, as frequências estão na faixa de micro-ondas, demandando osciladores otimizados para gerar sinais precisos. Operar em altas frequências amplia a largura de banda, essencial para redes e aplicações médicas. Este projeto visa otimizar VCOs (Voltage-Controlled Oscillator) para altas frequências com baixo ruído de fase, analisando duas topologias de circuitos e suas características em 2,4 GHz. Foram realizadas análises preliminares das topologias Cross-Coupled e Colpitts, calculando condições iniciais e frequências de oscilação. Restrições práticas impediram a operação em 80 GHz, levando ao foco em 60 GHz, com resultados limitados em excursão e ruído de fase. Comparado à literatura, o projeto mostrou competitividade em ruído de fase, apesar de maior consumo. O projeto evidenciou desafios na concepção e otimização de VCOs em altas frequências, destacando a importância da qualidade dos componentes. O VCO a 60 GHz representa avanço notável dentro das possibilidades da tecnologia BiCMOS8hp.

Palavras-Chave: Osciladores. VCO. Micro-ondas. Colpitts. Ruído de fase.

1- wendell.sousa@estudante.cear.ufpb.br

2- antoniosouza@cear.ufpb.br, Concepção otimizada de circuitos integrados analógicos e RF/ Concepção de um VCO 80 GHz em Topologia Colpitts Modificada, (83) 3216-7268, cgee@cear.ufpb.br.

Apresentação

Na era da comunicação sem fio e dos dispositivos eletrônicos onipresentes, os Osciladores Controlados por Tensão (VCOs) desempenham um papel fundamental. Esses dispositivos são os responsáveis por gerar os sinais periódicos necessários para a transmissão e recepção de dados em uma ampla gama de aplicações, desde sistemas de comunicação sem fio até dispositivos de áudio e smartphones.

A busca por VCOs de altas frequências, como os de 80 GHz, exige um profundo entendimento das complexidades envolvidas, incluindo interferências eletromagnéticas, limitações de componentes e otimização do ruído de fase. Dentro desse contexto, o projeto "Concepção otimizada de circuitos integrados analógicos" surge como uma iniciativa para explorar topologias inovadoras em circuitos eletrônicos de alto desempenho.

O objetivo principal deste projeto é ampliar o conhecimento científico na área da concepção de circuitos integrados analógicos e RF, com foco na validação de topologias inovadoras. Especificamente, busca-se explorar a tecnologia BiCMOS8hp (130 nm) e desenvolver uma célula ativa diferencial usando a topologia Colpitts modificada. O objetivo final é projetar um VCO de 80 GHz otimizado para oferecer o máximo desempenho em termos de estabilidade, eficiência e qualidade do sinal.

Fundamentação teórica

Na etapa inicial da pesquisa, nosso foco foi direcionado para a exploração aprofundada da teoria subjacente aos osciladores. Dedicamos tempo significativo para compreender em profundidade o funcionamento desses dispositivos que desempenham um papel crucial na geração de sinais elétricos periódicos na microeletrônica.

Estes circuitos consistem em partes passivas e ativas. Sua parte passiva, aqui representada pelos ressonadores LC, como Armstrong, Hartley, Colpitts, Clapp e Pierce, possuem o ciclo de descarga e carga de energia entre capacitor e indutor, sendo isto a base do seu funcionamento Voinigescu [2013].

Por sua vez, a realimentação existente na parte ativa destes dispositivos gera uma resistência negativa, compensando as perdas e criando um comportamento aproximado do ideal, sendo então conhecidos como sistemas de *feedback*. Em sistemas de *feedback*, o *critério de Barkhausen* estabelece a necessidade de um sinal de saída com uma fase de 360 graus em relação ao de

entrada e ganho unitário, a fim de sustentar as oscilações produzidas Rogers and Plett [2010].

Desta forma, a primeira etapa de nossa pesquisa foi dedicada a construir um alicerce sólido de conhecimento sobre os osciladores. Dominar os princípios de funcionamento e aprender os métodos analíticos associados a esses dispositivos foram passos essenciais para embasar nossa pesquisa no campo da microeletrônica.

Podemos então sintetizar, conforme sugerido por Razavi [2012], que os osciladores podem ser analisados sob duas perspectivas distintas. Uma delas considera os osciladores como sistemas de retroalimentação que experimentam *feedback* positivo suficiente em determinada frequência. Por outro lado, uma outra perspectiva enxerga os osciladores como sendo compostos por dois componentes de porta única, a saber, um ressonador com perdas e um circuito ativo que neutraliza essas perdas.

Quanto ao ruído de fase, de acordo com Andreani et al. [2005], serve como uma medida da pureza espectral de um oscilador. Em outras palavras, o ruído de fase indica a imprecisão ou variabilidade na fase do sinal de saída do oscilador em relação a um sinal de referência ideal. Seguidamente, o ruído flicker (ou ruído $1/f$) é um tipo de ruído caracterizado por um espectro de potência que diminui de forma inversamente proporcional à frequência. Isso significa que quanto menor a frequência, maior a densidade espectral de potência (DEP) do ruído.

Consoante a Rogers and Plett [2010], afirmamos que o estudo do ruído de fase emerge como um aspecto de extrema relevância no domínio dos osciladores. A precisão das referências senoidais, indispensável para a maioria das aplicações em frequências de rádio (RF), apresenta um imperativo: a redução do ruído de fase.

Portanto, com o intuito de aprofundar nossa compreensão sobre os mecanismos subjacentes à geração e propagação do ruído de fase em osciladores, direcionamos nossos esforços para a análise de diversos artigos especializados. Em particular, nossa investigação concentrou-se na complexidade desse fenômeno em VCOs.

O estudo de Leeson [1966] introduziu um modelo simplificado para o espectro de ruído de osciladores. Sua abordagem destacou a influência da realimentação no ruído presente na saída do oscilador. Ele mostrou que o ruído de fase é amplificado pelo ganho de realimentação e modulado pela diferença de fase entre os sinais de entrada e saída. Essa análise proporciona uma compreensão intuitiva das contribuições do ruído na saída e sua relação com o processo de realimentação.

Por sua vez, Prigent and Obregon [1987] concentraram-se na redução do ruído de fase em osciladores utilizando *Field-Effect Transistor* (FET), com condições de carga em baixa frequência

(BF) como estratégia. Propuseram otimizar o circuito de realimentação para minimizar a conversão de ruído BF em ruído de fase, reduzindo seu impacto na frequência de oscilação desejada. Ao ajustar parâmetros do circuito, conseguiram reduzir significativamente o ruído de fase, melhorando o desempenho do oscilador FET em termos de ruído.

Alternativamente, Hegazi et al. [2001] exploraram a filtragem como técnica para reduzir o ruído de fase em osciladores LC. Sua estratégia envolveu a inserção de um filtro passa-baixa na saída do oscilador para atenuar componentes de alta frequência do ruído de fase. Essa abordagem visava melhorar a qualidade do sinal gerado ao mitigar flutuações indesejadas de fase. A técnica demonstrou eficácia ao reduzir o ruído de fase e aprimorar a performance espectral do oscilador.

Segundo Lee and Hajimiri [2000], para minimização do ruído de fase faz-se necessário 1) maximizar a potência do sinal e a qualidade do ressonador. 2) A energia retornada ao tanque pelo elemento ativo deve ser entregue de uma vez, onde a Função de Sensibilidade de Injeção (ISF) tem o valor mínimo. E por fim, 3) Osciladores de qualidade possuirão propriedades de simetria que reduzem a conversão de ruído $1/f$.

Um trabalho que analisa a conversão do ruído flicker em ruído de fase em osciladores harmônicos CMOS é o do Bevilacqua and Andreani [2012]. Os autores propõem um modelo matemático que leva em consideração os vários fatores que influenciam a conversão e oferece uma análise quantitativa do processo. Eles mostram que o projeto de tais osciladores requer uma consideração cuidadosa de diversos fatores, como a escolha da topologia do oscilador, a seleção dos parâmetros dos dispositivos e a otimização das condições de operação.

Também é interessante destacar os apontamentos feitos no trabalho dos autores Andreani et al. [2005], como alternativas que visam mitigar a influência do ruído flicker, tal qual a adoção, por exemplo, de transistores de canal longo, uma vez que esses dispositivos tendem a gerar menos ruído em comparação aos transistores de canal curto, tal qual o uso de capacitores MOS de alta qualidade, caracterizados por baixa perda e resistência série equivalente (ESR) reduzida. Por fim, destacamos a proposta de adoção de topologias de osciladores mais avançadas e inovadoras.

Metodologia

A metodologia científica empregada no projeto otimizado do VCO envolve uma abordagem estruturada e detalhada. O circuito do VCO será subdividido em duas partes distintas: uma passiva e outra ativa. Dado que o ressonador (parte passiva) será reutilizado para o estudo comparativo, o foco se direcionará para o desenvolvimento da parte ativa do circuito. A otimização desta parte ativa, que

envolve os transistores, será conduzida através da comparação do comportamento entre duas alternativas: a configuração cross-coupled e a Colpitts modificada. Essa comparação será realizada empregando-se um mesmo ressonador desenvolvido na tecnologia BiCMOS8HP. Essa estratégia permitirá a investigação edesenvolvimento da parte ativa desde os estágios iniciais do projeto.

Tivemos acesso aos periódicos do IEEE, proporcionando assim recursos de ponta para a pesquisa. A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) também dispôs o acesso ao kit de design da tecnologia utilizada. Além disso, a UFPB dispõe de licenças do software CADENCE, essenciais para o projeto de circuitos integrados. Em termos de suporte para simulações elétricas, tivemos acesso a uma variedade de tutoriais elaborados pelos membros do laboratório RFWild.

Após adquirir familiaridade com o tema e as ferramentas envolvidas, realizamos reuniões sistemáticas com colegas e orientadores do RFIC-Lab Grenoble, visando promover uma interação mais intensa e enriquecedora entre as equipes.

O desenvolvimento ocorreu no laboratório RFWild, situado no Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da UFPB. Esse laboratório possui uma expertise sólida na concepção e caracterização de dispositivos e circuitos, o que proporcionou um ambiente propício para o desenvolvimento de competências dos participantes no âmbito do projeto. A metodologia científica adotada, aliada aos recursos e suporte disponíveis, nos prepara para enfrentar os desafios da otimização do VCO e certamente contribuirá para avanços significativos na área de circuitos integrados e telecomunicações no Brasil.

Resultados e discussões

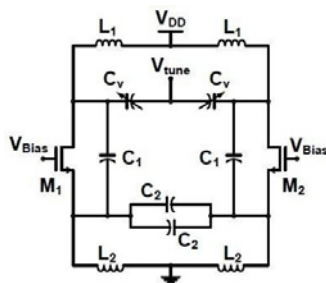
Dentre as topologias mais utilizadas na concepção de osciladores encontram-se as Cross-Coupled e Colpitts. A topologia Cross-Coupled é uma abordagem popular na criação de osciladores devido à sua simplicidade e eficácia. Os transistores utilizados em seu arranjo podem operar como um par diferencial, contanto que estejam ligados a uma fonte de corrente de polarização. Essa abordagem é especialmente útil em circuitos CMOS, onde obter alto ganho com baixas correntes é desafiador. Uma vantagem significativa é a redução do ruído devido ao cancelamento diferencial, o que melhora a qualidade do sinal gerado Razavi [2012].

Por outro lado, na topologia Colpitts (ver figura 1) a ressonância é alcançada pela combinação de capacitores ($C1$ e $C2$) e um indutor ($L1$) em paralelo com elementos capacitivos do transistor. Uma característica marcante desta topologia é a necessidade de uma transcondutância

quatro vezes maior em comparação com o oscilador Cross-Coupled. Isso pode ser um desafio em implementações CMOS. No entanto, a topologia Colpitts tende a oferecer um melhor desempenho de ruído de fase Voinigescu [2013].

Comparando as duas topologias, a Colpitts oferece uma resposta de ruído potencialmente superior, enquanto o Cross-Coupled é mais robusto em termos de partida. Diante das diversas teorias e sugestões disponíveis para o aprimoramento do circuito visando a redução do ruído de fase, neste trabalho seguiremos utilizando a topologia Colpitts Diferencial Modificada (figura 1), a qual segue a linha dos trabalhos realizados por Farhabakhshian et al. [2010] e Lim and Yun [2020].

Figura 1: Topologia Colpitts Modificada



Fonte: Farhabakhshian et al. [2010]

A não utilização da tecnologia estabelecida no escopo do projeto deveu-se além do nosso controle. A tecnologia pretendida, a B55 (55 nm), utilizada no artigo dos autores Sharma et al. [2020] para fins de comparação, infelizmente não foi disponibilizada.

Desta forma, seguimos com a utilização da tecnologia MOS com a tecnologia BiC- MOS8hp (130 nm). Uma das razões para a escolha de transistores apenas em MOS é a sua popularidade, dado que são amplamente empregados na indústria devido o seu baixo custo.

Inicialmente, executamos o cálculo das condições iniciais para cada topologia, com o objetivo de determinar a transcondutância necessária para a oscilação, levando em consideração a resistência paralela específica do ressonador.

Na análise de um sistema de malha aberta, nos deparamos com expressões no domínio dos números complexos. Assim, igualamos os termos reais a um, resultando assim na expressão do ganho com condição unitária, enquanto que igualando os termos imaginários a zero obtemos a expressão para a frequência de oscilação. Deduzimos assim as expressões para determinar a condição de partida e a frequência desejada dos osciladores do tipo Cross-Coupled e Colpitts.

Para o Cross-Coupled encontramos a seguinte condição de oscilação:

$$gmRp \geq 1 \quad (1)$$

Onde gm é a transcondutância e Rp a resistência paralela equivalente do circuito LC. Por sua vez, a frequência de oscilação é definida pela relação bastante conhecida mostrada abaixo.

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

No que concerne ao Colpitts, chegamos na condição de partida que segue:

$$gmRp = \frac{(k+1)^2}{2} \quad (3)$$

Observe que incorporamos um fator k , o qual reflete a proporção entre os capacitores C1 e C2 (1). Esse fator k determina a ordem de grandeza do capacitor C1 em relação ao capacitor C2. Por exemplo, se C2 for duas vezes maior que C1, o valor de k será 2. De acordo com Razavi [2012], se C1 for igual a C2, então $gmRp \geq 4$, o que corresponde ao resultado da expressão deduzida com k sendo igual a 1.

Para determinar a frequência de ressonância, obtivemos a expressão que segue abaixo.

$$fo = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k+1}{LkC}} \quad (4)$$

Após concluirmos os cálculos necessários, avançamos para a etapa de simulação utilizando as ferramentas Virtuoso da Cadence e o Advanced Design System (ADS). Nosso objetivo inicial era garantir que os circuitos oscilassem a uma frequência de 2,4 GHz. Para isso, realizamos simulações detalhadas, visando verificar e ajustar o desempenho dos osciladores de acordo com os parâmetros planejados.

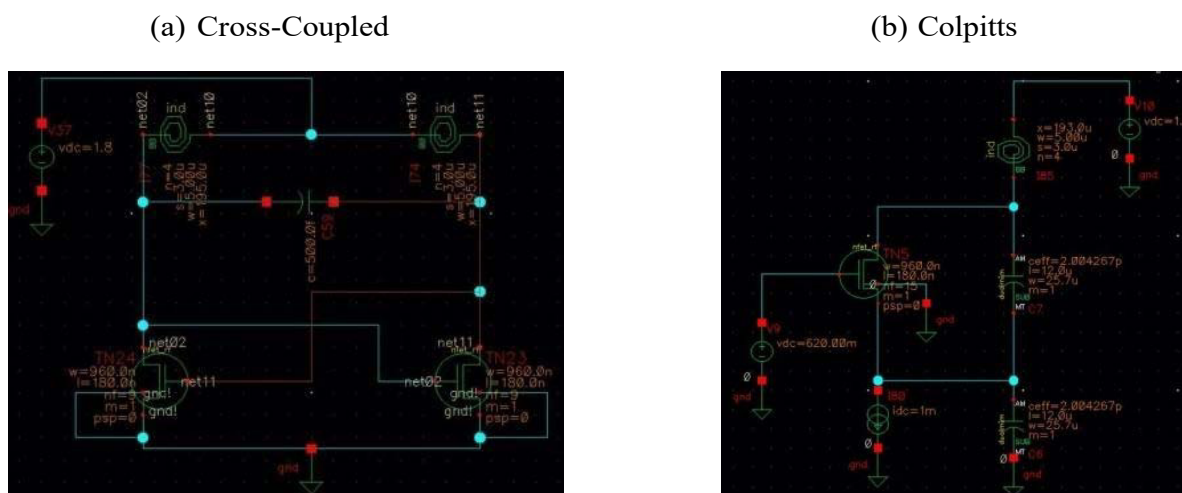
Utilizando o método de análise de *feedback* positivo, nossa abordagem se concentrou na determinação da oscilação do circuito. Inicialmente, nossa atenção foi direcionada para a configuração do ressonador, visando otimizar a resistência paralela equivalente na frequência de ressonância desejada para maximizar o fator de qualidade Q.

A partir desses ajustes, realizamos cálculos aproximados, de acordo com as expressões 3 e 1, para estabelecer a transcondutância mínima necessária para iniciar a oscilação do circuito. Para garantir a estabilidade da oscilação, adotamos um valor mínimo de transcondutância pelo menos duas vezes superior ao valor estimado.

Esse processo envolveu a definição da geometria do transistor e a tensão aplicada ao gate. Finalizando essa etapa, conduzimos simulações em malha aberta, focalizando no ganho e na fase

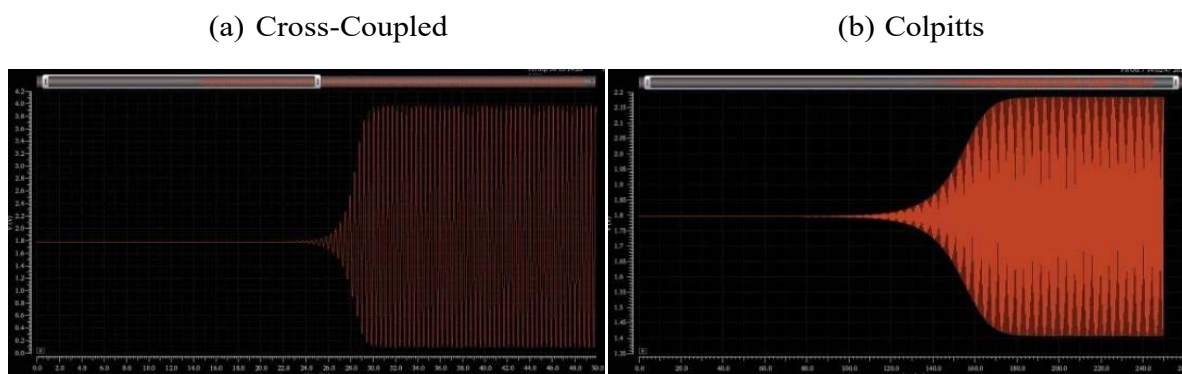
da frequência alvo.

Figura 2: Esquemáticos das Topologias Simuladas



Fonte: Autor

Figura 3: Simulação Transiente das Topologias Simuladas



Fonte: Autor

Nessas análises preliminares, fomos capazes de corroborar algumas observações relevantes mencionadas anteriormente. Por exemplo, ao observar a Figura 3, é notável a significativa disparidade nos tempos de inicialização entre os circuitos osciladores. Enquanto o oscilador Cross-Coupled inicia sua oscilação em cerca de 24 ns, o oscilador Colpitts requer aproximadamente 100 ns para iniciar.

Após familiarização com a simulação de osciladores, avançamos para análises mais detalhadas da topologia central deste estudo: a Colpitts Modificada. Realizamos comparações aprofundadas de desempenho entre as configurações single-ended e diferencial, assim como em outros parâmetros do circuito. Desta forma, realizamos algumas considerações oriundas destas investigações.

Primeiro, notamos a importância de maximizar o Fator de feedback (n) ao projetar

circuitos osciladores. Esse fator, definido na expressão 5, desempenha um papel crucial na determinação da estabilidade do sinal. Seu valor ideal, à 2,4 GHz, ficou em torno de 0,67.

$$n = \frac{C1}{C1+C2} \quad (5)$$

Seguidamente, ao analisar a proporção entre as capacitâncias (k) e o fator de qualidade (Q), constatamos que não há uma mudança significativa no valor de Q à medida que k varia. Essa observação é fundamental para o projeto, pois indica que a proporção entre as capacitâncias não é um fator determinante para a oscilação, pelo menos na faixa de frequência até então trabalhada, a saber, 2,4 GHz. Nesta frequência o k ideal seria igual a 2.

Encontrar a relação ideal entre potência e ruído de fase, também foi outra constatação, e de fato é um objetivo essencial na concepção de circuitos osciladores. Essa relação delicada requer um equilíbrio cuidadoso, visando maximizar a potência de saída do sinal gerado enquanto se mantém o ruído de fase em níveis aceitáveis.

No que diz respeito à indutância (L), é evidente que seu papel é fundamental na determinação de várias características do oscilador, sobretudo no Colpitts. Aumentar a indutância resulta em um fator Q mais alto, o que por sua vez aumenta a amplitude do sinal gerado. Além disso, um maior fator Q está diretamente relacionado a um ganho de *loop* superior, que contribui para uma oscilação mais estável e de maior DEP. A indutância também desempenha um papel crucial na redução do ruído de fase, favorecendo um sinal mais puro e confiável.

Outra constatação relevante é que o aumento da corrente de polarização tem um efeito positivo no ruído de fase. Isso sugere que um maior nível de corrente de polarização resulta em um sinal de saída com menor degradação de fase, contribuindo para um desempenho geral mais sólido do oscilador.

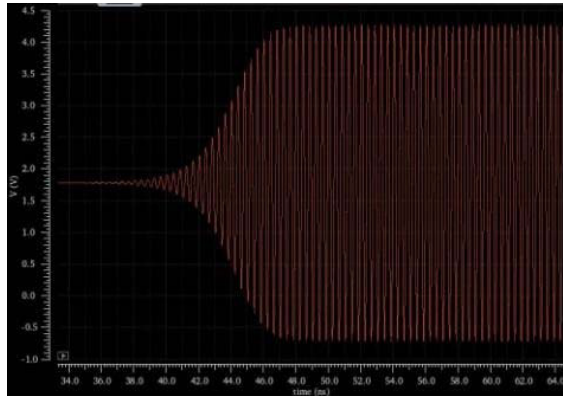
Em resumo, a otimização do Fator de feedback, a análise da relação entre capacitâncias, a busca pela relação ideal entre potência e ruído de fase, a consideração da indutância e o impacto da corrente de polarização são elementos cruciais que moldaram até aqui este projeto e a eficiência do circuito oscilador.

Finalmente, efetuamos a comparação entre a topologia single-ended e a diferencial, ambas com a substituição da fonte de corrente por um indutor. A partir dos resultados ilustrados na Figura 5, fica evidente que o arranjo diferencial proporciona uma amplitude maior como consequência. Não apenas isso, mas a análise do ruído de fase também apresenta melhorias notáveis. No caso do single-ended, o sinal gerado demonstrou um ruído de fase aproximado, com um *offset* de 100 kHz, de -104.2 dBc/Hz, enquanto na topologia diferencial, esse valor foi ainda mais reduzido,

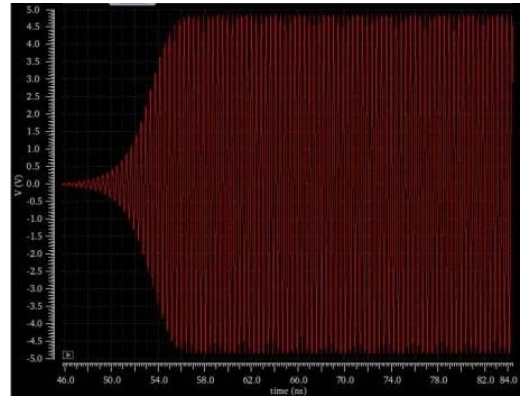
atingindo -110.8 dBc/Hz.

Figura 4: Simulação Transiente do Single-Ended vs. Diferencial

(a) Single-Ended



(b) Diferencial



Fonte: Autor

A *figure of merit* (FOM), ou figura de mérito em português, é um parâmetro ou métrica utilizado para avaliar e comparar o desempenho de diferentes dispositivos, circuitos ou sistemas em uma determinada aplicação. No contexto do ruído de fase, a figura de mérito (FOM) é um indicador quantitativo do desempenho do oscilador em termos de sua capacidade de produzir um sinal de saída estável e livre de flutuações excessivas de fase (Voinigescu [2013]).

Em essência, quanto menor o valor da FOM de ruído de fase, melhor será o desempenho do oscilador em termos de produção de um sinal de saída estável e de alta qualidade. Neste trabalho utilizamos a expressão adotada em Sharma et al. [2020]:

$$FOM = (f_m) - 20 \log \left(\frac{f_o}{\Delta f} \right) + 10 \log(P_{mW}) \quad (6)$$

Inicialmente, direcionamos nossos esforços para o estudo de osciladores de 2,4 GHz, com o propósito didático de compreender primeiramente o funcionamento do circuito. Posteriormente, buscamos abordar desafios mais intrincados em frequências mais elevadas. Para isso, conduzimos uma pesquisa bibliográfica abrangente, analisando os avanços no estado da arte de osciladores na tecnologia CMOS. Especificamente, focamos em osciladores com frequência de oscilação em torno de 2,4 GHz e avaliamos suas respectivas FOMs, conforme pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1: Tabela de Performance dos Osciladores dos Artigos Estudados

Ref.	Tec. (nm)	P (mW)	f_o (GHz)	Phase Noise (dBc/Hz)	FOM (dBc/Hz)
\Farhabakhshian et al. [2010]	130	2,7	4,9	-136,2@3MHz	-196,2
\Cheng et al. [2019]	65	2,2	2,2	-129,67@1MHz	-193,1
\Sun et al. [2022]	180	7,4	4,4	-126,3@1MHz	-190,5
\Mostajern et al. [2015]	130	4,2	2,4	-128,4@1MHz	-190
\Lim and Yun [2020]	180	1,4	2,4	-122,85@1MHz	-189
Autor	180	4,06	2,4	-109,64@100kHz	-191,16

Fonte: Autor

Os artigos abordam diversas estratégias e inovações relacionadas a osciladores e suas características de desempenho, com foco nas áreas de ampliação do swing, redução de ruído de fase, consumo de energia e otimização de componentes. Resumirei aqui as principais ideias dos artigos que mais se aproximam de nosso trabalho.

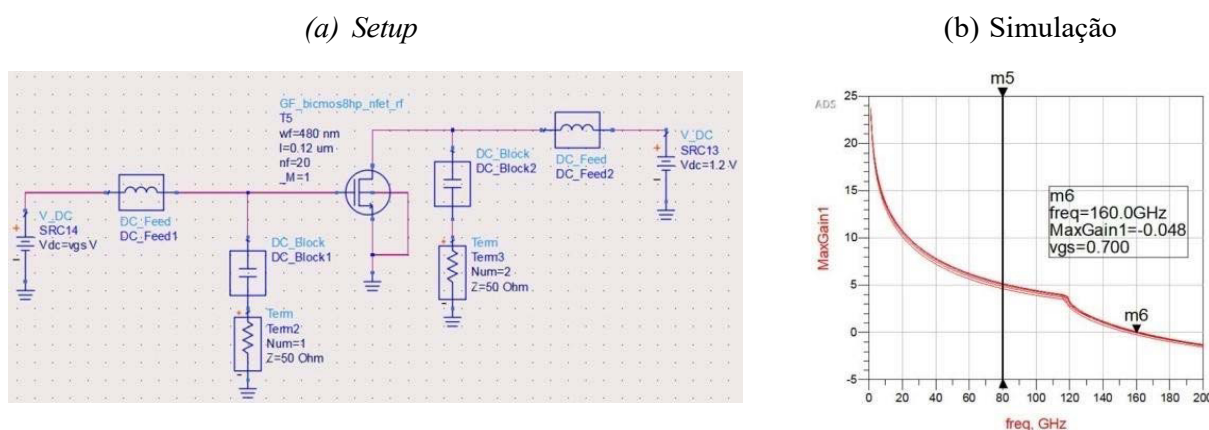
O artigo do Farhabakhshian et al. [2010] propõe a melhoria da excursão de tensão do sinal gerado em relação aos níveis de alimentação (Vdd) e de referência (Ground) por meio do uso de um indutor na fonte do transistor, superando assim as limitações anteriores impostas pela fonte de corrente. Isso proporciona oscilações do sinal em tensões negativas, abaixo do nível de referência utilizado, o que aumenta a amplitude do sinal, aprimorando assim a relação sinal-ruído (SNR) do mesmo. O circuito forma um segundo ressonador, cujo projeto não interfere com o ressonador principal, melhorando o ruído de fase e o ganho de partida.

Por fim, o aumento do swing do sinal é melhorado com uma relação otimizada de capacitores C1 e C2 na topologia colpitts, conforme apontando por Lim and Yun [2020]. A melhoria da transcondutância ao otimizar o capacitor resulta em menor consumo decorrente para um tempo de partida desejado. O artigo desenvolve uma expressão para relacionar a amplitude e a relação de capacitância, também chamada de fator de *feedback* (n).

Nosso resultado pode ser considerado positivo no que diz respeito ao ruído de fase. Ainda que a nossa FOM não tenha alcançado o topo da tabela, é importante ressaltar que esse desempenho se deve, em grande parte, à escolha do nível de alimentação adotado em nossas simulações. Comparativamente, esse nível foi substancialmente mais elevado em relação aos trabalhos analisados, sendo fixado em 1,2 V tendo em vista que é o valor nominal de Vdd da tecnologia, enquanto a melhor FOM obtida em nosso estudo empregou uma tensão de alimentação de apenas 475 mV. Diante dessa constatação, julgamos que, considerando o nível de alimentação e as dimensões do canal do transistor, alcançamos um resultado satisfatório.

Uma vez familiarizados com o circuito, seus arranjos e parâmetros, e com um entendimento mais profundo de seu funcionamento, passamos à concepção de um VCO para operar em altas frequências. Inicialmente, conduzimos simulações para determinar a frequência de transição (f_T) da tecnologia utilizada. A frequência de transição é aquela na qual o módulo do ganho de corrente diminui para 1. Em termos mais simples, acima dessa frequência, o transistor perde eficácia como amplificador de corrente e se torna menos adequado para aplicações de alta frequência.

Figura 5: Frequência de Transição (f_T)



Fonte: Autor

À primeira vista, a obtenção de uma oscilação a 80 GHz parece inteiramente viável, o que constitui o objetivo primordial desta pesquisa. Isso se deve ao fato de que a frequência de transição (f_T) do transistor situa-se em torno de 160 GHz. Dessa forma, prosseguimos com o delineamento dos parâmetros do circuito, seguindo o mesmo método apresentado na análise da frequência de 2,4 GHz.

Entretanto, o primeiro sinal de desconexão surgiu quando os valores atribuídos ao circuito LC

resultaram, na simulação, em uma frequência de ressonância significativamente inferior àquela que havia sido estimada por meio dos cálculos já apresentados anteriormente. Não obstante a estas dificuldades, decidimos prosseguir com a definição do indutor.

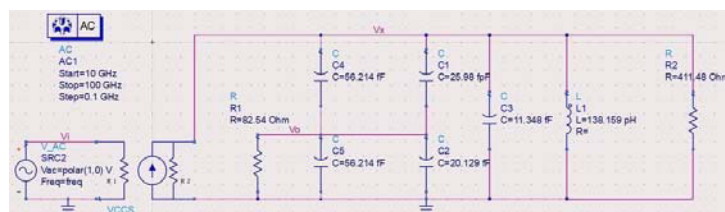
Na busca por uma frequência de oscilação mais alta, trabalhamos para estabelecer as dimensões mínimas viáveis dentro da tecnologia, ao mesmo tempo em que otimizávamos seus parâmetros para aprimorar o fator de qualidade (Q). Ao acertar a frequência de ressonância por meio de simulações e ao avaliar o ganho em malha aberta, contudo, encontramos dificuldades em alcançar a oscilação desejada a 80 GHz.

Dessa forma, a partir dessa experiência, chegamos a conclusões e identificamos alguns aspectos cruciais. Em primeiro lugar, constatamos que é necessário aumentar a corrente para alcançar uma transcondutância mais elevada. Isso, por sua vez, nos leva a adotar transistores de maior dimensão, os quais, por consequência, possuem também capacitâncias parasitas de maior magnitude. Assim, concluímos que as capacitâncias parasitas inerentes ao transistor deslocaram a frequência e comprometeram o ganho do circuito.

Além disso, verificamos que o valor ótimo de k dentro desta faixa de frequência não seria mais igual a 2, mas sim menor que 1, visando maximizar o ganho do circuito. Portanto, a estratégia mais vantajosa é aumentar o valor de $C1$ e diminuir $C2$. Ainda em relação aos capacitores, empregamos esforços para ter uma relação $w/l \geq 3$, dado que esta relação é apontada na literatura como otimizada de desempenho destes dispositivos.

Diante dessas constatações, procedemos a um novo cálculo das condições iniciais do oscilador e da frequência de ressonância a partir do arranjo mostrado na figura 6. Como era esperado, as equações se tornaram mais complexas. Por exemplo, a capacitância total do circuito ressonante precisou ser calculada através de recursividade em linguagem de programação. As novas equações obtidas estão apresentadas conforme descrito nas expressões 7 e 8.

Figura 6: Modelo de Pequenos Sinais do Colpitts considerando as Capacitâncias Parasitas



Fonte: Autor

$$gmRp \geq \frac{(C(k+1)+Cgs+Cds)^2}{1-Cgd(C(k+1)+Cgs+Cds)[(kC+Cgs)(C+Cds)+Cgd(C(k+1)+Cgs+Cds)]} \quad (7)$$

$$fo = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k+C(k+1)+Cgs+Cds}{L[(kC+Cgs)(C+Cds)+Cgd(C(k+1)+Cgs+Cds)]C(k+1)+Cgs+Cds}} \quad (8)$$

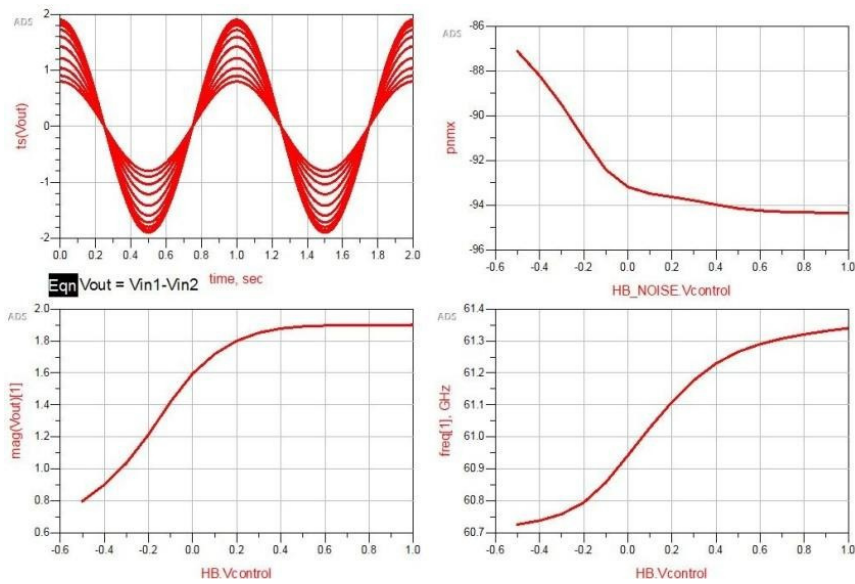
Após realizar os ajustes necessários para uma estimativa precisa dos parâmetros do oscilador, como simulação das capacitâncias parasitas do transistor, empreendemos mais uma tentativa de alcançar a oscilação a 80 GHz. Infelizmente, essa tentativa não teve êxito, visto que não fomos capazes de obter um ganho sequer unitário no *loop de feedback*. Optamos por utilizar os valores mínimos permitidos pela tecnologia, como por exemplo, a menor capacitância disponível que é de 17 fF.

Assim, decidimos empreender uma tentativa de fazer o circuito oscilar a 60 GHz, e fomos bem-sucedidos nesse empreendimento. Contudo, ao longo do processo, notamos a significativa influência do tamanho do indutor na fonte do transistor sobre a fase do sinal gerado. Nesse contexto, quanto maior o indutor, melhor, visto que ele desempenha um papel similar a um DC Feed. O detalhe crucial é que, até aquele momento, havíamos conduzido simulações com indutores independentes.

No entanto, quando decidimos adotar indutores simétricos, nos deparamos com uma limitação: esses indutores simétricos possuíam um tamanho máximo igual ao dos indutores independentes. Isso implicaria, na prática, em ter metade do tamanho do indutor na fonte do transistor. Infelizmente, tal configuração impede a oscilação, uma vez que desloca a fase da frequência de ressonância. Dessa maneira, apesar de termos alcançado ganho unitário, não conseguimos alcançar uma fase nula (ou de 360 graus), o que inviabiliza a satisfação das condições de Barkhausen.

Decidimos prosseguir com as simulações utilizando indutores independentes, a fim de avaliar se poderíamos alcançar uma margem adequada de variação da frequência com a inserção dos varactores. Nesse ponto, o nosso oscilador efetivamente se transforma em um VCO, entretanto, essa transformação representa um dos momentos mais críticos do processo. Isso se deve ao fato de que o varactor do tipo MOS utilizado (denominado de *ncap*) apresenta um fator Q muito baixo e pode ser modelado com uma resistência série, o que indica uma característica degradante para a qualidade do sinal (ver figura 7).

Figura 8: Resultados do VCO a 60GHz



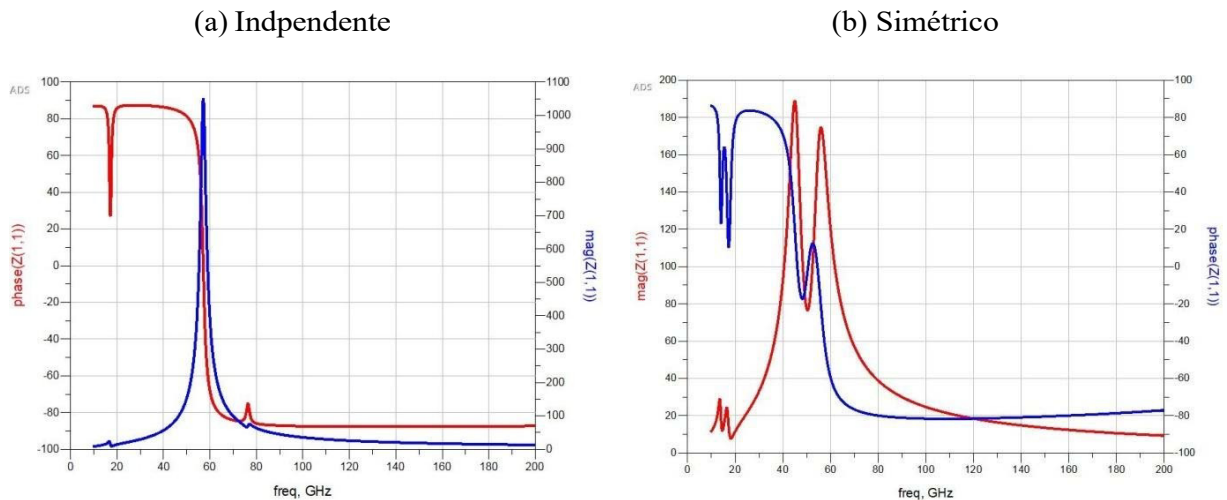
Fonte: Autor

Vale ressaltar, ainda, que no estudo de Sharma, o ruído de fase obtido com um *offset* de 10 MHz foi de -112 dBc/Hz para a topologia Cross-Coupled e -115 dBc/Hz para a técnica S-CPS. É fácil perceber que nossas simulações mostraram valores de ruído de fase melhores do que as apresentadas numa tecnologia de transistores de canal curto na topologia cross-coupled. Além disso, os nossos resultados foram muito semelhantes aos obtidos por meio da técnica S-CPS.

Entretanto, nosso principal desafio residia no consumo de potência. Enquanto no estudo de Sharma et al. [2020] esse valor foi de aproximadamente 10 mW, nossas simulações resultaram em cerca de 16 mW. Possivelmente, reduzindo adequadamente a tensão de alimentação, poderíamos obter uma FOM ainda mais favorável.

Nesse estágio, direcionamos nossos esforços para projetar um VCO com uma excursão de frequência notável, buscando operar na frequência de oscilação mais alta viável dentro das capacidades da tecnologia, utilizando indutores simétricos. No entanto, observamos um significativo deslocamento de fase em relação ao ganho na ressonância. Após tentativassem sucesso de alcançar a oscilação a 50 GHz e 40 GHz, identificamos que a provável causa desse insucesso reside na qualidade inferior do indutor simétrico (figura 9).

Figura 9: Resistência Paralela Equivalente e Fase do Ressonador para os dois tipos de Indutor utilizados



Fonte: Autor

Isso é evidenciado pelo fato de que o ressonador com o indutor independente apresenta uma resistência paralela da ordem de $1\text{ k}\Omega$, mostrada na curva azul da figura 9a), enquanto o ressonador com o indutor simétrico não atinge sequer a marca de $200\ \Omega$ (curva vermelha da figura 9b). Esse cenário resulta em uma considerável queda no desempenho do circuitotunque e, conseqüentemente, do VCO como um todo. Assim, é provável que um VCO operando nessas condições alcance frequências muito inferiores a 60 GHz , o que não é congruente com os objetivos do estudo aqui realizado.

Conclusão

A concretização dos objetivos delineados neste trabalho revela uma trajetória de exploração, desafios e descobertas na busca por circuitos osciladores de alto desempenho em operações de alta frequência. Embora tenhamos inicialmente planejado a utilização da tecnologia B55 (55 nm) para fins de comparação, a indisponibilidade dessa tecnologia nos levou a direcionar nossos esforços para a utilização da tecnologia BiCMOS8hp (130 nm). Através das simulações, foi possível não apenas reproduzir o desempenho alcançado por trabalhos prévios, mas também identificar áreas onde nossa abordagem poderia ser otimizada.

O desenvolvimento de uma célula ativa diferencial utilizando a topologia Colpitts

modificada, visando a criação de um VCO operando a 80 GHz, foi o objetivo central e desafiador. O caminho trilhado, marcado por análises minuciosas, permitiu deduzir expressões fundamentais para o cálculo das condições de início de oscilação e das frequências alvo. Essa base teórica sólida foi essencial para a configuração precisa dos circuitos e para as simulações detalhadas que se seguiram.

No entanto, ao mirar a operação em frequências tão elevadas quanto 80 GHz, encontramos uma série de obstáculos intrincados. As capacitâncias parasitas dos transistores, a complexidade da interação entre os parâmetros do circuito e a qualidade dos indutores simétricos demonstraram ser desafios substanciais. Mesmo assim, as simulações bem-sucedidas a 60 GHz, aliadas à comparação com o estudo de Sharma et al. [2020], validaram nossas realizações, sobretudo em relação ao ruído de fase.

Em última análise, esta jornada de pesquisa reafirma que o domínio da operação de circuitos osciladores em alta frequência é uma disciplina que exige constante inovação e dedicação. As fronteiras da tecnologia e da teoria continuam a desafiar os limites do conhecimento, incentivando pesquisadores e engenheiros a buscarem soluções cada vez mais eficazes e inovadoras. O presente trabalho, ao atender seus objetivos iniciais e revelar os desafios e oportunidades intrínsecos, oferece uma contribuição sólida para esse campo em constante evolução, deixando em aberto perspectivas promissoras para futuras explorações e avanços.

Referências

P. Andreani, X. Wang, L. Vandi, and A. Fard. A study of phase noise in colpitts and lc-tank cmos oscillators. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 40(5):1107–1118, May 2005. doi: 10.1109/JSSC.2005.845991.

A. Bevilacqua and P. Andreani. An analysis of $1/f$ noise to phase noise conversion in cmos harmonic oscillators. *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Regular Papers*, 59 (5), May 2012.

K. W. Cheng, S. K. Chang, and Y. C. Huang. Low-power and low-phase-noise G_m -enhanced current-reuse differential colpitts vco. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 66(5):733–737, 2019. doi: 10.1109/TCSII.2019.2908423.

F. Farhabakhshian, T. Brown, K. Mayaram, and T. Fiez. A 475 mv, 4.9 ghz enhanced swing differential colpitts vco in 130 nm CMOS with an FoM of 196.2 dbc/hz. In *IEEE Custom Integrated*

Circuits Conference (CICC), pages 1–4, 2010. doi: 10.1109/CICC.2010.5617435.

E. Hegazi, H. Sjoland, and A. Abidi. A filtering technique to lower lc oscillator phase noise. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 36(12):1921–1930, Dec 2001.

T. H. Lee and A. Hajimiri. Oscillator phase noise: a tutorial. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 35(3):326–336, March 2000. doi: 10.1109/4.826814.

D. Leeson. A simple model of feedback oscillator noise spectrum. Proceedings of the IEEE, 54(2):329–330, Feb 1966.

C. W. Lim and T. Y. Yun. G_m - and swing-enhanced colpitts vco by optimization of capacitance ratio. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 30(10):977–980, 2020. doi: 10.1109/LMWC.2020.3016015.

A. Mostajeran, M. S. Bakhtiar, and E. Afshari. 25.8 a 2.4ghz vco with FOM of 190dbc/hz at 10khz-to-2mhz offset frequencies in 0.13m CMOS using an ISF manipulation technique. In 2015 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC) Digest of Technical Papers, pages 1–3, 2015. doi: 10.1109/ISSCC.2015.7063121.

M. Prigent and J. Obregon. Phase noise reduction in fet oscillators by low-frequency loading and feedback circuitry optimization. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 35(3):349–352, 1987. doi: 10.1109/TMTT.1987.1133650.

B. Razavi. RF Microelectronics. Prentice Hall, 2nd edition, 2012. ISBN 978-0-13-713473-1.

J. W. M. Rogers and C. Plett. Radio Frequency Integrated Circuit Design. Artech House, 2nd edition, 2010. ISBN 978-1-60783-979-8.

E. Sharma, A. A. Saadi, M. Margalef-Rovira, E. Pistono, M. J. Barragan, A. A. Lisboa deSouza, P. Ferrari, and S. Bourdel. Design of a 77-ghz lc-vco with a slow-wave coplanar stripline-based inductor. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 67(2):378–388, 2020. doi: 10.1109/TCSI.2019.2926415.

Y. Sun, W. Deng, H. Jia, Z. Wang, and B. Chi. A 4.4-ghz 193.2-db FoM 8-shaped-inductor based LC-VCO using orthogonal-coupled triple-coil transformer. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 69(10):4028–4032, 2022. doi: 10.1109/TCSII.2022.3186304.

S. Voinigescu. High-Frequency Integrated Circuits, chapter Design of voltage-controlled oscillators.
Cambridge University Press, 2013. ISBN 978-0-521-87302-4.

The text is centered within a horizontal teal brushstroke that has a textured, layered appearance. The background of the page features large, abstract shapes in light green and light yellow.

LINGÜÍSTICA, LETRAS E ARTES



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COORDENAÇÃO GERAL DE PROGRAMAS
ACADÊMICOS E DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



ETHOPEIA E COMICIDADE EM SOBRE A MORTE DE PEREGRINO, DE LUCIANO DE SAMÓSATA

Marco Valério Classe Colonnelli / CCHLA¹
Ítalo Durdson Xavier de Oliveira / CCHLA²

Resumo

O presente trabalho objetivou compreender como funcionam os procedimentos técnicos de ethopeia (ἠθοποιΐα) e comicidade no texto “Sobre a morte de Peregrino” (Περὶ τῆς Περεγρίνου τελευτῆς), de Luciano de Samósata (161 - 180 d.C.). Na tradição da retórica Grega no período Helenístico, representada pelos tratadistas retóricos Théon, Hermógenes, Aftônio e Nicolau, a ethopeia era um dos exercícios de composição (progymnasmata) ensinadas pelas escolas de retórica, usadas especificamente para caracterizar uma pessoa por meio de um discurso. A comicidade, por sua vez, presente na literatura Grega já desde Homero, é o resultado do uso de técnicas que fazem surgir, no texto, o riso. Nesta pesquisa, de caráter qualitativo, faz-se uso de métodos dedutivos e fenomenológicos a fim de investigar não só como o escritor Luciano de Samósata configura sua ethopeia como categoria retórica, mas também como essa configuração resultou no efeito cômico a partir da própria caracterização da personagem histórica de Peregrino Proteu (100 - 165 d.C.), filósofo grego cínico que, performaticamente, tirou sua própria vida nos Jogos Olímpicos da Grécia. Utilize-se neste trabalho, como fundamentação teórica, a Poética de Aristóteles, sobretudo no que diz respeito ao entendimento do conceito de ἦθος, e o Tractatus Coislinianus, texto anônimo do século X d.C. que esquematiza, nos moldes da poética aristotélica, os elementos com os quais pode-se chegar ao riso.

Palavras-chave: Etopeia; Comicidade; Retórica; Luciano.

¹ E-mail: mcolonnelli@hotmail.com; Projeto de pesquisa: Paródia como recurso literário em Luciano de Samósata; Plano de trabalho: Paródia e Efeito cômico nos Diálogos dos deuses, de Luciano de Samósata. : UFPB/CNPq (www.propesq.ufpb.br, e-mail:cadastrocgpaic@propesq.ufpb.br)

² E-mail: italodurdson@hotmail.com

APRESENTAÇÃO

O presente capítulo tem o objetivo de divulgar os resultados de uma pesquisa de iniciação científica ligada ao projeto “Ethopeia como recurso retórico-literário cômico em Luciano de Samósata”, desenvolvida entre 2022 e 2023, tendo como foco compreender como os conceitos de *ethopeia* e comicidade configuram na obra do escritor Luciano de Samósata (125-180 d.C.).

A ideia central do projeto foi promover uma maior abertura aos estudos do gênero cômico em obras literárias da antiguidade Grega no curso de Letras Clássicas da UFPB. Para isso, tenciona-se investigar a *ethopeia* como técnica retórica e literária, bem como o efeito cômico que pode ser produzido por tal técnica no texto literário aqui analisado, a fim de definir o estilo de Luciano de Samósata de acordo com as técnicas por ele empregadas.

METODOLOGIA

Nossa pesquisa se desenvolve de forma *qualitativa*, a partir da leitura de textos teóricos e da análise aprofundada do corpus literário escolhido, a fim de demonstrar alguns aspectos da retórica e da literatura cômica na obra de Luciano de Samósata. A análise do conceito retórico de *ethopeia*, bem como o esclarecimento sobre os meios pelos quais se chega ao efeito cômico são aplicados a esse corpus sem que se perca de vista o *modus operandi* do escritor Luciano. No que diz respeito aos métodos, utiliza-se o *dedutivo*, após a determinação dos conceitos de *ethopeia* e comicidade para identificá-lo nos escritos de Luciano; em um segundo momento, o fenomenológico, para descrever não só similaridades, mas também diferenças que a obra, em seu exame analítico, pode apresentar em relação ao conceito previamente definido. Como técnicas de pesquisa ainda, cabe informar que a leitura, a tradução e a análise de fontes antigas são partes importantes neste processo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Sobre ethopeia e ethos

A tradição da retórica Grega que chega até o período Helenístico (IV a.C. - V d.C.) ganha seu lugar entre as escolas filosóficas com a elaboração dos *Progymnasmata*, exercícios

retóricos que tinham como finalidade ensinar os jovens estudantes de retórica a comporem seus próprios textos, explorando novas técnicas de argumentação de textos em prosa, complementando os exercício mnemônico dos textos poéticos utilizados pelos gramáticos. Os *Progymnasmata* que sobreviveram até os dias de hoje, quatro ao todo, apresentam uma similaridade grande no que diz respeito aos tipos dos exercícios preparatórios, sobretudo em relação ao exercício da *ethopeia* (ἠθοποιΐα).

Théon de Alexandria (séc. I d.C.), no seu *Progymnasmata*, chamou de Προσωποποιΐα (Prosopopeia) o que os retores posteriores denominavam como *ethopeia*, afirmando ser ela “a introdução de uma pessoa que fala palavras apropriadas para si e para assunto em questão, livre de controvérsias”³ (tradução nossa), ou seja, o discurso deve ser coerente com aquele que o reproduz. Hermógenes (séc. II d.C.), concebe a *ethopeia* como “mimesis do ethos de um personagem dado”⁴ (tradução nossa). Aftônio (séc. IV d.C.), por sua vez, a descreve como “imitação do ethos de um determinado personagem”⁵. A conceituação mais complexa e ampla de *ethopeia* está em Nicolau (século V d.C.), talvez por ser ela uma abordagem de caráter mais filosófica, visto que o sofista estudou com os neoplatônicos Plutarco e Proclus. Para Nicolau, a *ethopeia* “é a fala adequada às situações propostas, mostrando o ethos ou pathos ou ambos”⁶, reiterando que “é preciso levar em conta o locutor e aquele a quem ele se dirige falando” (ἐπειδὴ δεῖ στοχάζεσθαι καὶ τοῦ λέγοντος καὶ πρὸς ὃν λέγει).

George A. Kennedy (1994), em seu livro *A new history of classical rhetoric*, diz que Aftônio “*pensa sobre o ethos em termos Aristotélicos, como a representação do caráter moral por um orador através de palavras e argumentos*” (tradução nossa, p.205). Essa observação é bastante pertinente e se aproxima de todas as outras definições de *ethopeia* das *progymnasmata* aqui apresentadas, fazendo-se comum o entendimento de que a *ethopeia* é um procedimento de caracterização inserido no discurso retórico.

Na Poética, Aristóteles concebe o ethos como “o que nos faz dizer das personagens que elas têm tal ou tal qualidade” (τὰ δὲ ἦθη, καθ’ ὃ ποιούς τινὰς εἶναί φαμεν τοὺς πράττοντας - VI, 1450a), ou ainda que

³ Προσωποποιΐα ἐστὶ προσώπου παρεισαγωγὴ διατιθεμένου λόγου οικείου ἑαυτῷ τε καὶ τοῖς ὑποκειμένοις πράγμασιν ἀναμφισβητήτως (*Progymnasmata*, Aelius Théon, *Les belles lettres*, 1997, 115.11, p. 70).

⁴ μίμησις ἠθοῦς ὑποκειμένου προσώπου (*Corpus Rethoricum*, 2008, *Les belles lettres*, *Progymnasmata*, IX, p. 70).

⁵ μίμησις ἠθοῦς ὑποκειμένου προσώπου (*Corpus Rethoricum*, 2008, *Les belles lettres*, *Progymnasmata*, XI, p. 144).

⁶ ἠθοποιΐα ἐστὶ λόγος ἀρμόζων τοῖς ὑποκειμένοις, ἦθος ἢ πάθος ἐμφαίνων ἢ καὶ συναμφότερα (*Nicolaus Progymnasmata* (Prog.), 489.7-8 Sp.III, Teubner, Leipzig 1913).

ἔστιν δὲ ἦθος μὲν τὸ τοιοῦτον ὃ δηλοῖ τὴν προαίρεσιν, ὅποια τις [ἐν οἷς οὐκ ἔστι δηλον ἢ [10] προαιρεῖται ἢ φεύγει] διόπερ οὐκ ἔχουσιν ἦθος τῶν λόγων ἐν [10α] οἷς μηδ' ὄλως ἔστιν ὃ τι προαιρεῖται ἢ φεύγει ὁ λέγων (1450b)

Carácter é o que revela certa decisão ou, em caso de dúvida, o fim preferido ou evitado; por isso não têm carácter os discursos do indivíduo, em que, de qualquer modo, se não revele o fim para que tende, ou o qual repele.⁷

Desse modo, o ἦθος seria o índice a partir do qual é possível determinar a qualidade do agente que é mimetizado em relação às suas ações. Ainda na Poética, mais especificamente no capítulo XV, ao elencar as quatro qualidades da caracterização, o filósofo afirma que a primeira e mais importante qualidade para os caracteres é “*que devem eles ser bons. E se, como dissemos, há carácter quando as palavras e as acções derem a conhecer alguma propensão, se esta for boa, é bom o carácter*”⁸ (ὅπως χρηστὰ ἦ. ἔξει δὲ ἦθος μὲν ἐὰν ὥσπερ ἐλέχθη ποιῆ φανερόν ὁ λόγος ἢ ἡ πρᾶξις προαίρεσίν τινα <ἢ τις ἂν> ἦ, χρηστὸν δὲ ἐὰν χρηστήν - 1454a).

Em resumo, o ethos, a partir da ação e do discurso seria então “(...) a medida pela qual uma personagem pode ser julgada” (COLONNELLI, 2020, p. 15). O conceito retórico da ethopeia elaborado pelos retores gregos fica mais claro se voltamos, então, à *Poética* de Aristóteles, que se apresenta como base teórica desse tipo de ferramenta retórica, não apenas no que diz respeito ao conceito de ethos, mas também sobre os elementos que compõem este mesmo conceito: a ação e o discurso.

2. Sobre comicidade e ἦθος

No capítulo II da *Poética*, Aristóteles nos apresenta as espécies de poesia imitativa, classificando-as conforme o seu objeto de imitação. Esses objetos, segundo o filósofo, variam de acordo com o caráter dos homens e suas ações.

ἐπεὶ δὲ μιμοῦνται οἱ μιμούμενοι πράττοντας, ἀνάγκη δὲ τούτους ἢ σπουδαίους ἢ φαύλους εἶναι (τὰ γὰρ ἦθη σχεδὸν ἀεὶ τούτοις ἀκολουθεῖ μόνοις, κακία γὰρ καὶ ἀρετὴ τὰ ἦθη διαφέρουσι πάντες) , ἦτοι βελτίονας ἢ καθ' ἡμᾶς ἢ χείρονας ἢ καὶ τοιούτους (1448a)

Mas como os imitadores imitam homens que praticam alguma ação, e estes, necessariamente, são indivíduos de elevada ou de baixa índole (porque a variedade dos caracteres só se encontra nestas diferenças [e, quanto a carácter, todos os homens se distinguem pelo vício ou pela virtude]), necessariamente também sucederá que os poetas imitam homens melhores, piores ou iguais a nós⁹

⁷ Aristóteles. *Poética*. Tradução de Eudoro de Souza, Editora Ars Poetica, 1993, São Paulo, 2ª edição, p. 39.

⁸ *Ibidem*, pp. 77-79.

⁹ *Ibidem*, p. 21.

A escolha lexical feita por Aristóteles para classificar os tipos de objetos imitados acaba por definir cada um (quanto ao caráter) pelo contraste entre κακία e ἀρετή, ou seja, entre vício e virtude. O estagirita usa o adjetivo χειρῶν (pior) para designar os homens e seus vícios, e βελτίων (melhor) para se referir aos homens e suas virtudes. A relação desses objetos com a tragédia e a comédia fica evidente quando Aristóteles faz a seguinte distinção: “[...] a mesma diferença separa a tragédia da comédia; procura esta imitar os homens piores, e aquela, melhores do que eles ordinariamente são” (ἐν αὐτῇ δὲ τῇ διαφορᾷ καὶ ἡ τραγωδία πρὸς τὴν κωμωδίαν διέστηκεν: ἡ μὲν γὰρ χειρῶν ἡ δὲ βελτίων μιμεῖσθαι βούλεται τῶν νῦν - 1448a). Essa mesma concepção em relação à comédia será reafirmada de forma mais detalhada, ainda que breve, no livro V:

ἡ δὲ κωμωδία ἐστὶν ὡσπερ εἴπομεν μίμησις φαυλοτέρων μὲν, οὐ μέντοι κατὰ πᾶσαν κακίαν, ἀλλὰ τοῦ αἰσχροῦ ἐστὶ τὸ γελοῖον μῦθον. τὸ γὰρ γελοῖον ἐστὶν ἀμάρτημά τι καὶ αἰσχος ἀνώδυνον καὶ οὐ φθαρτικόν, οἷον εὐθύς τὸ γελοῖον πρόσωπον αἰσχρόν τι καὶ διεστραμμένον ἄνευ ὀδύνης.

A comédia é, como dissemos, imitação de homens inferiores; não, todavia, quanto a toda a espécie de vícios, mas só quanto àquela parte do torpe que é o ridículo. O ridículo é apenas certo defeito, torpeza anódina inocente; que bem o demonstra, por exemplo, a máscara cômica, que, sendo feia e disforme, não tem [expressão de] dor.

Nessa passagem, Aristóteles define bem o tipo de ἦθος que se configura na comédia. O filósofo se utiliza de dois adjetivos e um substantivo que, para a caracterização do cômico (na comédia), implicam diretamente no ethos dos agentes (ou personagens), a saber, αἰσχρός (indigno, infame, torpe), γελοῖος (ridículo), e o substantivo ἀμάρτημα (falha, defeito). Até mesmo a caracterização da máscara, ligada ao adjetivo αἰσχρός (feio) e ao particípio do verbo διαστρέφω (distorcer, desviar), fornece os índices de configuração do ἦθος cômico, que parece se consolidar a partir de uma certa incongruência (YOUNG, 1991), que por sua vez estabelece uma ausência de concordância ou adequação entre o que uma pessoa espera e o que realmente acontece, e que facilmente pode ser comparado a um defeito físico, por exemplo.

O Tractatus Coislinianus, manuscrito grego de autoria anônima do século X d.C., resume/esquematiza uma teoria da comédia sob a perspectiva da Poética Aristotélica. Em termos de técnica, o surgimento do riso (§ V γίνεταί ο γέλως), segundo o tratado, se dá por meio da dicção (§ V ἀπὸ τῆς λέξεως), com o uso, por exemplo de diminutivos (§ VI <παρὰ> ὑποκόρισμα), homônimos e sinônimos (§ VI κατὰ ὁμωνυμίαν, <κατὰ> συνωνυμίαν), e das ações (§ V ἀπὸ τῶν πραγμάτων), por meio, sobretudo, da degradação das personagens (§ VI ἐκ τοῦ κατασκευάζειν τὰ πρόσωπα πρὸς τὸ μοχθηρόν).

A partir da análise desses elementos que constituem o riso segundo os fragmentos do próprio Tractatus, tanto a partir da dicção (λέξις) como das ações (πρᾶγμα), Ivo Bender (1996)

procura compreender os *mecanismos internos* do gênero cômico, revisitando também o que nos diz Aristóteles sobre a comédia na sua Poética. Para Bender, as categorias levantadas por Aristóteles, os defeitos, as falhas e os vícios, estão ligados aos aspectos humanos “[...] *que fazem a comichade vir à tona e, conseqüentemente, o riso*” (p. 55). Nesse sentido, todos os aspectos que contribuem para o rebaixamento das personagens, e que moldam, por assim dizer, os objetos piores a serem imitados, são forjados pelo próprio caráter das personagens, através do que dizem e fazem.

Dentro dessa categoria, situam-se tanto as falhas de caráter quanto os defeitos físicos. No que respeita às falhas que envolvem o caráter, temos que elas podem ser recebidas tanto sérias quanto comicamente. A diferença de matriz dependerá, em primeiro lugar, da magnitude da falha e do que resultará dela para seu portador ou para o grupo. (BENDER, 1996, p. 55)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sobre a morte de Peregrino (Περὶ τῆς Περειγρίνου Τελευτῆς), de Luciano de Samósata, conta, em forma de epístola, as desventuras da persona histórica Peregrino Proteu (100 – 165 d.C.), natural da cidade de Páριο, na Mísia (Ásia Menor), que resultaram na sua teatral e patética morte por imolação nos Jogos Olímpicos da Grécia em 165 d.C. Ironicamente, a principal fonte sobre sua vida provém, quase que inteiramente, deste relato ficcional e implacável do próprio Luciano, que em um único texto mescla o relato epistolar, biográfico e cômico do retratado Peregrino.

O objetivo real de Luciano ao relatar os atos vergonhosos de Peregrino não é fazer uma crítica contra a escola filosófica dos Cínicos, mas justamente denunciar um modelo de falso filósofo. Todos os procedimentos de construção do ἥθος são feitos de modo que se crie o ἥθος de um charlatão, de um falso profeta. Luciano parece se utilizar da retórica performática-cômica, tão caro a um dos mais conhecidos filósofos cínicos da época Imperial, Diógenes de Sinope (412 - 323 a.C.), para fazer sua crítica contra aqueles que pregam o contrário do que praticam. Sobre o modo de se criticar esse tipo social, Jacyntho Lins Brandão, em seu livro *A poética do Hipocentauro* (2001), expõe essa característica, comum em alguns textos do Luciano, como é o caso da obra aqui estudada:

Não se trata, porém, de adesão a alguma dessas correntes, o que implicaria a perda do senso crítico com relação às mesmas. Nada aborrece mais Luciano que o sectarismo, que supõe um boa dose de assentimento passivo: mais que em princípios teóricos falsos, é nessa opção às cegas por uma escola que estaria a falsa *arkhé* não apenas da filosofia enquanto sistema, mas também como opção de vida, ou seja, uma

vez efetuada a escolha, tudo mais segue por consequência (*akolouthia*), e quem escolheu às cegas passa a viver sectariamente. (BRANDÃO, 2001, p. 57)

Luciano constroi o *ethos* (ἦθος) da personagem Peregrino Proteu através de pluralidade de instâncias discursivas, de um narrador que se desdobra em outros, quase à maneira da trama narrativa dos diálogos platônicos. O pano de fundo da história é a auto-imolação de Peregrino, que pretende se jogar do alto da montanha sobre uma pira, justamente no período dos Jogos Olímpicos da Grécia. Há, entre aqueles que esperam para ver o espetáculo, uma plateia que se mistura entre seguidores, detratores e simples transeuntes, entre eles o próprio Luciano, que resolve contar ao amigo Crônio os pormenores dos momentos antecedentes e posteriores à morte de Peregrino. Antes da aparição de Peregrino, revezam nos discursos aqueles que apoiam e são seguidores de Peregrino, e aqueles que o querem desmascarar. O narrador Luciano relata ao seu amigo um recorte dos discursos que supostamente presenciou e viu de perto. O quadro de discursos durante toda a narrativa é o seguinte: (1) o narrador e personagem Luciano; (2) o filósofo Cínico Teógnis, seguidor de Peregrino; (3) um enunciador anônimo (alter-ego do próprio Luciano); (4) o discurso da narrativa do Luciano narrador e personagem que faz o papel de enquadrar os outros dois discursos, abrindo e fechando a narrativa epistolar.

Luciano (1)	§§ 1, 2, 3 e 5: O narrador e remetente da epístola, Luciano, promete tentar reproduzir as desventuras de Peregrino ao seu amigo e destinatário, Crônio.
Teágnis	§§ 4 e 6.: seu discurso, reproduzido pelo narrador e personagem Luciano, é o único dos cínicos que exalta Peregrino.
Anônimo	§§7-30: o discurso mais extenso do texto é exatamente o que trata dos pormenores da vida de Peregrino, mas só dos fatos mais degradantes e vexatórios.
Luciano (2)	§§31-45.: após o discurso do anônimo, Luciano volta a narrar os pormenores/bastidores momentos antes e após a morte/suicídio de Peregrino.

O presente trabalho, a fim de dar conta da diversificação discursiva criada por Luciano, investigou o conceito de ἦθος e comicidade a partir de uma amostra dos discursos de cada enunciador. O quadro estrutural da narrativa, no que diz respeito aos enunciadores, é este: Tratam-se de quarenta e cinco parágrafos, sendo quinze parágrafos do Luciano narrador, dois para Teágnis e, por fim, vinte e quatro para o enunciador anônimo. Claramente, a maior parte do texto que se detém a contar os dados biográficos de Peregrino é a mesma que mais ricamente

traz consigo os elementos característicos que vão delinear o perfil já posto à luz pelo Luciano no início da epístola, fazendo sombra ao discurso de Teágenes, único defensor de Peregrino.

O uso da *ethopeia* como procedimento retórico de caracterização do personagem Peregrino no texto de Luciano não foge ao entendimento aristotélico de que o ἦθος é constituído por discurso e ação, aqui mais especificamente no que diz respeito ao desacordo entre um e outro. Discursos esses daqueles que falam sobre Peregrino, incluindo as descrições das ações do mesmo. São escassos os discursos a favor do personagem retratado, e a maior parte das caracterizações sobre ele mesmo são dadas pelos discursos dos outros, não dele mesmo. A única vez em que a voz de Peregrino aparece, através do narrador Luciano, é justamente no momento em que o Próprio Peregrino resolve, antes de se jogar sobre o fogo, fazer sua oração fúnebre (§ 33): “*Quero - disse ele - ser útil aos homens, mostrando-lhes de que modo devem desprezar a morte. Portanto, todos os homens devem tornar-se noutros tantos Filoctetes¹⁰*” (‘ *καὶ ὠφελῆσαι, ἔφη ‘ βούλομαι τοὺς ἀνθρώπους δείζας αὐτοῖς ὄν χρη τὸν τρόπον θανάτου καταφρονεῖν: πάντα οὖν δεῖ μοι τοὺς ἀνθρώπους Φιλοκτῆτας γενέσθαι.* ’). Na maior parte dos discursos que compõem o texto, a figura de Peregrino Proteu é construída por meio dos seus detratores. Logo no primeiro parágrafo da epístola (§ 1), o narrador Luciano inicia seu diálogo com Crónio traçando um perfil de Peregrino que já está de comum acordo com o perfil que será construído posteriormente por outro narrador:

[1] ὁ κακοδαίμων Περειγρίνος, ἢ ὡς αὐτὸς ἔχαιρεν ὀνομάζων ἑαυτὸν, Πρωτεύς, αὐτὸ δὴ ἐκεῖνο τὸ τοῦ Ὀμηρικοῦ Πρωτέως ἔπαθεν: ἅπαντα γὰρ δόξης ἕνεκα γενόμενος καὶ μυρίας τροπὰς τραπόμενος, τὰ τελευταῖα ταῦτα καὶ πῦρ ἐγένετο: τοσοῦτω ἄρα τῷ ἔρωτι τῆς δόξης εἶχετο. καὶ νῦν ἐκεῖνος ἀπηνθράκωται σοι ὁ βέλτιστος κατὰ τὸν Ἐμπεδοκλέα, παρ’ ὅσον ὁ μὲν κἂν διαλαθεῖν ἐπειράθη ἐμβαλὼν ἑαυτὸν εἰς τοὺς κρατῆρας, ὁ δὲ γεννάδας οὗτος, τὴν πολυανθρωποτάτην τῶν Ἑλληνικῶν πανηγύρεων τηρήσας, πυρὰν ὅτι μεγίστην νήσας ἐνεπήδησεν ἐπὶ τοσοῦτων μαρτύρων, καὶ λόγους τινὰς ὑπὲρ τούτου εἰπὼν πρὸς τοὺς Ἕλληνας οὐ πρὸ πολλῶν ἡμερῶν τοῦ τολμήματος.

[1] O desafortunado Peregrino, ou Proteu, como ele mesmo se alegrava em nomear-se, Proteu, padeceu o mesmo que o Proteu de Homero: pois tendo se tornado todas essas coisas em razão da glória e sofrendo inúmeras metamorfoses, em vista disso tornou-se, por fim, fogo. Assim, com tal paixão, apegou-se à glória. E agora aquele teu afamado tornou-se carvão, como Empédocles, exceto pelo fato de que este tentou ser ignorado tendo jogado a si mesmo na cratera, e aquele, nobre, tendo aguardado a abundância de homens das festividades dos gregos, após ter amontoado uma pira muito grande, jogou-se diante de tão numerosas testemunhas e disse algumas palavras a respeito disso aos gregos, não muitos dias antes da aventura. (tradução nossa)

No processo de caracterização de personagem, é importante perceber nos discursos as relações entre substantivos e adjetivos. Para Cunha & Cintra (2008), o adjetivo é um “modificador do substantivo”, podendo indicar a este último tanto uma caracterização como

¹⁰ Filoctetes (Φιλοκτῆτης), herói grego que possuía o arco e as flechas de Hércules. A caminho de Troia, foi abandonado pela tropa em Lemnos, por dez anos, por conta do odor insuportável de uma ferida em um de seus pés causada pela mordida de uma serpente.

estabelecer uma relação. No que diz respeito à caracterização, podem indicar (a) uma qualidade (ou defeito), (b) o modo de ser, (c) o aspecto ou aparência e (d) o estado (CUNHA, CINTRA, 2008, p.259). Desse modo, no exercício de compreender a ethopeia no texto de Luciano, cabe-se observar, nos discursos, o uso dos adjetivos relacionados à personagem de Peregrino Proteu. A primeira palavra do texto é o adjetivo *κακοδαίμων*, que significa *pobre diabo*, um *possuído por mau gênio*, ou ainda, *um desafortunado*, usada no discurso de Luciano já para apresentar um índice de caracterização de Peregrino que, segundo o narrador, gostava de ser chamado de Proteu¹¹. O uso do adjetivo *κακοδαίμων* aqui não é gratuito, pois Peregrino, segundo o narrador, “*padeceu do mesmo que o Proteu de Homero*” (*αὐτὸ δὴ ἐκεῖνο τὸ τοῦ Ὀμηρικοῦ Πρωτεύος ἔπαθεν*), que, estando preso nos braços de Menelau, várias vezes se metamorfoseou sem conseguir se soltar (Homero, Odisseia, IV - 384). Tal adjetivo (*κακοδαίμων*) ganha mais quando se soma a uma outra forma de adjetivação (predicada), como esta referência ao mito de Proteu. Esse mesmo procedimento de caracterização se dá com relação ao adjetivo *γεννάδας* (nobre), usado aqui ironicamente em contraste com a referência à figura de Empédocles, que morrera também queimado (*ἀπανθρακώω*) sem amor algum pela glória.

É interessante perceber como Luciano também lança mão da descrição da suposta reação do destinatário da carta, Crónio, por meio do discurso direto, para substanciar a ethopeia de Peregrino. No segundo parágrafo do texto, Luciano não só volta a adjetivar a figura de Peregrino mas também realça o desvio de caráter da personagem.

[2] Πολλὰ τοίνυν δοκῶ μοι ὄραν σε γελῶντα ἐπὶ τῇ κορύζῃ τοῦ γέροντος, μᾶλλον δὲ καὶ ἀκούω βοῶντος οἷά σε εἰκὸς βοᾶν, ὃ τῆς ἀβελτερίας, ὃ τῆς δοξοκοπίας, ὃ — τῶν ἄλλων ἃ λέγειν εἰώθαμεν περὶ αὐτῶν. σὺ μὲν οὖν πόρρω ταῦτα καὶ μακρῶ ἀσφαλέστερον, ἐγὼ δὲ παρὰ τὸ πῦρ αὐτὸ καὶ ἔτι πρότερον ἐν πολλῷ πλήθει τῶν ἀκροατῶν εἶπον αὐτά, ἐνίων μὲν ἀχθομένων, ὅσοι ἐθαύμαζον τὴν ἀπόνοιαν τοῦ γέροντος: ἦσαν δὲ τινες οἱ καὶ αὐτοὶ ἐγέλων ἐπ’ αὐτῷ. ἀλλ’ ὀλίγου δεῖν ὑπὸ τῶν Κυνικῶν ἐγὼ σοὶ διεσπάσθην ὥσπερ ὁ Ἀκταίω ὑπὸ τῶν κυνῶν ἢ ὁ ἀνεψιὸς αὐτοῦ ὁ Πενθεὺς ὑπὸ τῶν Μαινάδων.

[2] Quanto a mim, dá-me a impressão de te ver rindo muito sobre a estupidez do velho, e de fato até te ouço gritando o que deu a impressão de gritar: “Ó ignorância! Ó vanglória! Oh!”, e outras coisas que nós éramos acostumados a dizer a respeito disto. Na verdade, tu dizes estas coisas longe e com grande segurança, mas eu disse estas coisas primeiro, junto do mesmo fogo e ainda no meio de boa parte da multidão dos ouvintes, alguns dos quais estando aflitos, na medida em que admiravam o desvario do velho. Haviam alguns outros que também riam dele, mas por pouco eu quase fui feito em pedaços pelos Cínicos, assim como Acteon pelos caês, ou seu próprio primo Penteu pelas Ménades. (tradução nossa)

Aqui Peregrino é caracterizado como um velho (*γέρων*) não só estúpido, tolo (*κόρυζα*), mas também louco (*ἀπόνοια*). A atitude de ridicularização de Peregrino por parte de Luciano ganha reforço quando a ação de rir do seu interlocutor são apresentadas, ainda que tal reação seja

¹¹ Proteu (Πρωτεύς), deus marinho que possuía como dons a profecia e a capacidade de se metamorfosear no que quisesse.

apenas imaginada pelo narrador. O processo de rebaixamento da personagem por meio da adjetivação por parte do narrador, somado à descrição comportamental de quem supostamente só vê vício na personagem, acaba por criar um contraste com o estado de ânimo aflito de parte da plateia, admiradores do próprio Peregrino.

No livro II da Retórica, Aristóteles diz que “ἀπολογουμένων δὲ ἐλάττων ἢ διήγησις” (Aristot. Rh. 3.16.6), ou seja, “Para o defensor, a narração deve ser mais breve”. Apenas dois parágrafos constituem o discurso de Teágenes, personagem calcada a partir de Teágenes de Patrás (século II s.C.), discípulo de Peregrino. Seu discurso, em defesa de Proteu, é extravagante pelos excessos que comete, sobretudo pelos elogios. Ao mesmo tempo, Luciano parece reforçar o seu interesse de criticar uma versão deturpada do cinismo por parte de Teágenes (Goulet-Cazé, 2000).

[4] Πρωτέα γὰρ τις, ἔφη, ‘κενόδοξον τολμᾶ λέγειν, ὃ γῆ καὶ ἡλιε καὶ ποταμοὶ καὶ θάλαττα καὶ πατρῶε Ἡράκλεις — Πρωτέα τὸν ἐν Συρίᾳ δεθέντα, τὸν τῇ πατρίδι ἀνέντα πεντακισχίλια τάλαντα, τὸν ἀπὸ τῆς Ῥωμαίων πόλεως ἐκβληθέντα, τὸν τοῦ Ἡλίου ἐπισημότερον, τὸν αὐτῷ ἀνταγωνίσασθαι τῷ Ὀλυμπίῳ δυνάμενον; ἀλλ’ ὅτι διὰ πυρὸς ἐξάγειν τοῦ βίου διέγωνκεν ἑαυτὸν, εἰς κενοδοξίαν τινὲς τοῦτο ἀναφέρουσιν; οὐ γὰρ Ἡρακλῆς οὕτως; οὐ γὰρ Ἀσκληπιὸς καὶ Διόνυσος κεραυνῶ; οὐ γὰρ τὰ τελευταῖα Ἐμπεδοκλῆς εἰς τοὺς κρατῆρας;

[4] ‘Alguém ousaria’, disse ele, ‘considerar Proteu um presunçoso? Ó terra, sol, rios, mar e paternal Hércules! Proteu, que foi aprisionado na Síria, que deixou cinco mil talentos à pátria, que foi banido da cidade dos romanos, mais notável que o sendo ele capaz de contestar o próprio Olímpio? Apenas porque tomou a decisão de partir da vida por meio do fogo, e por causa disso alguns suscitam inclinação para a vanglória? Não o fizera também Hércules? Não o fizeram também Asclépio e Dionísio, com o raio? Não fora assim os últimos dias de Empédocles em direção à cratera?’ (tradução nossa)

Nessa primeira parte do discurso, a ethopeia de Luciano se efetiva, sobretudo, pela descrição das ações da figura de Peregrino Proteu. Teágenes relata algumas ações realizadas por Peregrino a fim de defendê-lo da acusação pelo interesse desmedido pela vanglória, citando motivos pelos quais ele acredita serem motivos de honra, qualidades de um homem ilustre. A incorporação do discurso de Teágenes no relato realça, pelo contraste, o caráter de charlatanismo de Peregrino, visto que esses dados serão, no relato da personagem anônima, desmentidos e passados a limpo. Na última parte do discurso de Teágenes, a caracterização de Peregrino parece se dar pela desmesura da qualificação a ele atribuída, tendo sido elevado ao status de obra de arte (δημιουργήμα), de uma obra de escultura (ἄγαλμα):

δύο γὰρ ταῦτα, ἔφη, ‘ὁ βίος ἄριστα δημιουργήματα ἐθεάσατο, τὸν Δία τὸν Ὀλύμπιον καὶ Πρωτέα: πλάσται δὲ καὶ τεχνῖται, τοῦ μὲν Φειδίας, τοῦ δὲ ἡ φύσις. ἀλλὰ νῦν ἐξ ἀνθρώπων εἰς θεοὺς τὸ ἄγαλμα τοῦτο οἰχίσηται, ὀχούμενον ἐπὶ τοῦ πυρός, ὄρφανὸς ἡμᾶς καταλιπόν.

Pois estas coisas’, disse, ‘a gente contemplou perfeitamente as duas obras de arte, o Zeus Olímpio e Proteu: como escultor e artesão, para um Fídias, para outro, a

Natureza. Mas agora este motivo de orgulho partirá dos homens para os deuses, impulsionando-se sobre o fogo, tendo-nos deixado órfãos. (tradução nossa)

Essa mesma atribuição de *obra de criação* ganha contornos de uma ironia sem precedentes quando o transeunte anônimo, detrator de Peregrino, toma a palavra logo após a saída de Teógenes. É sobretudo nesse discurso que o conceito retórico de ironia, “*figura cujo uso corresponde a uma maneira de se expressar através da qual se diz o contrário do que se quer fazer compreender*” (MACHADO, 1995, p. 304), está inserido na descrição das ações cometidas pelo próprio Peregrino Proteu, que acabam por configurar a ethopeia da personagem, uma vez que o vício das suas ações traçam um perfil do seu ἦθος, para além de contrastar com o próprio discurso que Teógenes havia construído. A ridicularização da personagem a partir das ações de Peregrino continua, e ressalta, através do rebaixamento da personagem, o aspecto cômico da ethopeia.

[9] ‘τὸ γὰρ τῆς φύσεως τοῦτο πλάσμα καὶ δημιούργημα, ὁ τοῦ Πολυκλείτου κανὼν, ἐπεὶ εἰς ἄνδρας τελεῖν ἤρξατο, ἐν Ἀρμενίᾳ μοιχεύων ἄλους μάλα πολλὰς πληγὰς ἔλαβεν καὶ τέλος κατὰ τοῦ τέγουσ ἀλόμενος διέφυγε, ῥαφανίδι τὴν πυγὴν βεβυσμένος. εἶτα μειράκιόν τι ὠραῖον διαφθείρας τρισχιλίων ἐξωνήσατο παρὰ τῶν γονέων τοῦ παιδός, πενήτων ὄντων, μὴ ἐπὶ τὸν ἀρμοστήν ἀπαχθῆναι τῆς Ἀσίας.’

[9] ‘Pois esta invenção e obra de arte da natureza, modelo de Policleteo, depois que começou a ser incluído entre os adultos, tendo sido apanhado em flagrante cometendo adultério na Armênia, recebeu uma surra de cheio e, por fim, tendo pulado do telhado da casa, fugiu com um rabanete enfiado no rabo. Depois que corrompeu um belo juvenzinho, pagou três mil dracmas à pobre família do jovem para não ser entregue ao governador da Ásia’. (tradução nossa)

Tanto as adjetivações quanto as descrições das ações inseridas no discurso da personagem anônima são construídas por meio de uma refutação que destrói o que fora dito pela personagem anterior, Teógenes, fazendo com que essa mesma contraprova se configure como parte importante da ethopeia operada por Luciano em relação ao personagem de Peregrino Proteu. O modelo de ἄγαλμα (imagem, estátua), de obra de arte ao qual foi elevado, exacerbadamente, pelo discurso de Teógenes, ironicamente toma outros contornos, até culminar em ações que, em definitivo, traçam um ἦθος muito diferente daquele primeiro.

[10] ‘ταῦτα καὶ τὰ τοιαῦτα ἐάσειν μοι δοκῶ: πηλὸς γὰρ ἔτι ἄπλαστος ἦν καὶ οὐδέπω ἐντελὲς ἄγαλμα ἡμῖν δεδημιούργητο. ἃ δὲ τὸν πατέρα ἔδρασεν καὶ πάνυ ἀκοῦσαι ἄξιον καίτοι πάντες ἴστε, καὶ ἀκηκόατε ὡς ἀπέπνιξε τὸν γέροντα, οὐκ ἀνασχόμενος αὐτὸν ὑπὲρ ἐξήκοντα ἔτη ἤδη γηρῶντα. εἶτα ἐπειδὴ τὸ πρᾶγμα διεβεβόητο, φυγὴν ἑαυτοῦ καταδικάσας ἐπλανᾶτο ἄλλοτε ἄλλην ἀμείβων.’

[10] ‘Para mim, considero deixar de lado estas e outras coisas do mesmo teor: pois a argila ainda era não moldável, e para nós ainda não havia sido fabricada a perfeita estátua a perfeita estátua. Ainda assim, o que ele fez ao pai também todos vós por certo pudestes ouvir o bastante, e escutastes dizer como ele asfixiou o velho, já não suportando que ele passasse dos sessenta anos. Então, depois que cometera o ato, tendo condenado a si mesmo ao exílio, andava errante mudando de um lugar para outro. (tradução nossa)

Nos vinte e dois parágrafos posteriores, onde Luciano reproduz todo o discurso da personagem anônima, é esse o perfil traçado de Peregrino Proteu. E este mesmo perfil está de comum acordo com o próprio narrador Luciano, que logo após a reprodução desse discurso, situando-se para seu amigo Crónio posteriormente à auto-imolação de Peregrino, resume em um único parágrafo (§ 34, LUCIAN, 1961), não só o ἦθος de Peregrino mas também as consequências do seu charlatanismo.

[34] ἐγὼ δέ, εἰκάσεις, οἶμαι, πῶς ἐγέλων: οὐδὲ γὰρ ἐλεεῖν ἄξιον ἦν οὕτω δυσέρωτα τῆς δόξης ἄνθρωπον ὑπὲρ ἅπαντας ὅσοι τῇ αὐτῇ Ποινῇ ἐλαύνονται. παρεπέμπετο δὲ ὁμως ὑπὸ πολλῶν καὶ ἐνεφορεῖτο τῆς δόξης ἀποβλέπων ἐς τὸ πλῆθος τῶν θαυμαζόντων, οὐκ εἰδὼς ὁ ἄθλιος ὅτι καὶ τοῖς ἐπὶ τὸν σταυρὸν ἀπαγομένοις ἢ ὑπὸ τοῦ δημίου ἐχομένοις πολλῶ πλείους ἔπονται.

[34] Quanto a mim, tu presumes, penso eu, o quanto eu ria: pois não era de grande valor ter dó de um homem assim loucamente apaixonado pela glória acima de todos quantos são impelidos pela mesma recompensa. No entanto ele era conduzido por muitos e enchia-se de glória, observando a multidão de admiradores, não sabendo o infeliz que os que são levados para a cruz ou os que são apanhados pelo executor público são seguidos por uma multidão bem maior. (tradução nossa)

Mais uma vez o narrador Luciano posiciona o ato de rir entre ele e o seu interlocutor, Crónio, a respeito de tudo o que faz de Peregrino ser (segundo Luciano) mais um “charlatão da sinceridade”. Há uma notória intenção, por parte do narrador, em compartilhar o ato de rir tanto com seu destinatário quanto com parte da audiência (filósofos cínicos) no momento do suicídio por auto-imolação de Peregrino, embora tal atitude tenha seu momento de prudência em contraposição ao comportamento dos seguidores do próprio Peregrino, que olham para tudo aquilo como um espetáculo digno de ser retratado para a posteridade. Apesar da repreensão severa de Luciano, a cena não deixa de apresentar o seu lado cômico, voltando a tecer comparações significativas na intenção crítica do autor:

οἱ Κυνικοὶ δὲ περιστάντες τὴν πυρὰν οὐκ ἐδάκρυον μὲν, σιωπῇ δὲ ἐνεδείκνυντο λύπην τινὰ εἰς τὸ πῦρ ὄρωντες, ἄχρι δὲ ἀποπνιγείς ἐπ’ αὐτοῖς, ‘ἀπίωμεν,’ φημί, ‘ὃ μάταιοι: οὐ γὰρ ἡδὺ τὸ θέαμα ὠπτημένον γέροντα ὄραν κνίσσης ἀναπιμπλαμένους πονηρᾶς. ἢ περιμένετε ἔστ’ ἂν γραφεύς τις ἐπελθὼν ἀπεικάζῃ ὑμᾶς οἴους τοὺς ἐν τῷ δεσμοτηρίῳ ἐταίρους τῷ Σωκράτει παραγράφουσιν; (§ 34, LUCIAN, 1961)

Os Cínicos que estavam ao redor da pira não choravam, mas mostravam em silêncio alguma tristeza, olhando para o fogo, até que, sufocado perto deles, disse: ‘Vão embora, insolentes! Não é um espetáculo prazeroso observar um velho ser assado, impregnado-nos desse odor ruim de carne queimada. Ou será que aguardais até que algum pintor venha retratá-los, tal como os companheiros de Sócrates foram pintados ao seu lado?’ (tradução nossa)

CONCLUSÕES

Luciano empreende a construção do ethos (ἦθος) e, por conseguinte, da ethopeia, como um procedimento retórico a fim de fazer sua crítica aos falsos profetas e filósofos “*que se movem na esfera das aparências*” (BRANDÃO, p.67). A comicidade do texto se estabelece justamente a partir do modo como a *ethopeia* faz uso dos defeitos e dos vícios da personagem retratada.

Referências

- ARISTÓTELES. Poética; tradução de Eudoro de Souza. São Paulo: Ars Poética, 1993.
- KASSEL, Rudolf. Aristotle - Aristotelis de arte poetica liber. Oxford Clarendon Press - 1965. Oxford Classical Texts.
- BENDER, Ivo. Comédia e riso: uma poética do teatro cômico. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFGRS/EDPUCRS, 1996.
- COLONNELLI, Marco Valério Classe. Caráter, ação e discurso na poética de Aristóteles - João Pessoa: Editora UFPB, 2020.
- HALLIWELL, Stephen. Greek Laughter: A Study of Cultural Psychology from Homer to Early Christianity. Cambridge: University Press, 2008.
- HERMÓGENES, AFTÔNIO E NICOLAU. Progymnasmata: Greek Textbooks of Prose Composition and Rhetoric. Translated with Introductions and Notes by George A. Kennedy. Atlanta: Society of Biblical Literature, 2003.

JANKO, Richard. Aristotle on Comedy - Towards a Reconstruction of Poetics II, University of California Press - 1984.

KENNEDY, George A. A New History of Classical Rhetoric. Princeton, NJ: Princeton UP, 1994.

LUCIAN. Lucian's Works. Vol. VII. Trad. Harmon A. M. London: University Press Harvard, 1961.

MACHADO, Ida Lúcia. A ironia, a retórica antiga e a retórica francesa. *Classica*, São Paulo, 78: 303 - 308, 1994/1995.

PATILLON, Michel; BOLOGNESI, Giancarlo. (Éd.), Aelius Théon. *Progymnasmata*.

Texte établi et traduit par M.P. et G.B. Paris, Les Belles Lettres, 1997.

PATILLON, Michel. *Corpus rhetoricum*. Collection des universités de France, Série grecque ; Paris: Les Belles Lettres, 2008.



MULTIDISCIPLINAR

SER, OU NÃO SER DE VIDA LIVRE, EIS A QUESTÃO!

João Antônio Carvalho Bandeira¹; Luiz Gustavo da Silva Pragana Nereu²;
Ulrich Vasconcelos³

RESUMO

O estilo de vida bacteriano é complexo e depende de múltiplos fatores ambientais, tornando possível mudar de um estado de vida livre para vida em biofilme. A vida em biofilme favorece proteção contra substâncias com propriedades antimicrobianas e participa dos eventos que promovem tolerância a diferentes compostos bioativos. O descarte de fármacos não-antibióticos no ambiente representa uma séria ameaça por favorecer esta tolerância. Este trabalho verificou a formação de biofilme de *P. aeruginosa* TGC04 exposta à 100 e 200 µg/mL de metformina, variando-se a Demanda Química de Oxigênio (DQO), em regime turbulento. Biofilmes com 2 e 24h reduziram ou aumentaram em $\approx 0,5$ e 50%. Os maiores aumentos ocorreram expostas a 200 µg/mL de metformina. A DQO foi crucial ao desenvolvimento do biofilme, cujas células estavam fraca a moderadamente aderidas. O estudo indicou que nos sistemas aquáticos poluídos, concentrações inibitórias de metformina não perturbaram o biofilme de *P. aeruginosa* TGC04.

Palavras-chave: *Pseudomonas aeruginosa*. Biofilmes. Metformina. Contaminantes emergentes.

Apresentação

¹ Joao.bandeira@academico.ufpb.br

² prngustavo@gmail.com

³ u.vasconcelos@cbiotec.ufpb.br, Ser, ou não ser planctônica: eis a questão dos fármacos sobre a vida em biofilme, tel.: +55 83 3216-7502, Universidade Federal da Paraíba

As bactérias são organismos extremamente sofisticados e em diferentes fases da sua vida optam por estilos que variam do estado planctônico ao sésil e vice-versa, governados pelos estresses oferecidos pelo ambiente. Com a evolução da indústria farmacêutica, bem como da sociedade, o consumo de medicamentos se tornou uma prática comum, a qual contribuiu para o aumento da razão de grama de fármacos por pessoa. Os fármacos e seus metabólitos descartados de várias formas no ambiente representam uma ameaça, visto que, sob concentrações extremamente pequenas, podem resultar em alterações da cadeia trófica, desregulação endócrina e indução de tolerância microbiana.

A tolerância microbiana a fármacos pode promover resistência, isto é, uma competência das bactérias em reduzir a relação da ação bactericida, mas não inibitória de um antimicrobiano a valores maiores que 16. Em complemento, fármacos não-antibióticos, tais como hipoglicemiantes orais, anti-inflamatórios não esteroides, anti-histamínicos e outros, também demonstram maior ou menor grau de atividade antimicrobiana, agindo no crescimento microbiano por diferentes mecanismos. Como resposta, as bactérias utilizam a mudança no estilo de vida como estratégias adaptativas ao estresse causado por fármacos.

Baseado em sistemas complexos de sinalização, células planctônicas são estimuladas a colonizar superfícies e rapidamente desenvolver uma estrutura em estreita associação, assim como, são levadas a dissolver estas colônias e retornar à vida móvel. Contudo, entende-se que o biofilme é a forma preferencial da vida microbiana. Agindo como uma barreira física, o biofilme permite a ocorrência de multirresistência porque níveis subinibitórios de bioativos promovem o desenvolvimento de subpopulações persistentes, resultante da transferência horizontal de fatores de resistência.

Este trabalho partiu da premissa da escolha preferencial do estilo sésil como estratégia de resistência, numa das bactérias mais versáteis, *Pseudomonas aeruginosa*. O projeto, intitulado “Ser, ou não ser planctônica: eis a questão dos fármacos sobre a vida em biofilme” buscou coletar resultados de como drogas não-antibióticas podem participar do processo de resistência microbiana em termos de mudança de estilo de vida, da linhagem *P. aeruginosa* TGC04 exposta a concentrações diminutas de diferentes fármacos não-antibióticos, iniciando com a metformina, fármaco não-antibiótico mais vendido nos anos da pandemia de covid-19.

Fundamentação teórica

Com a evolução da indústria farmacêutica, o consumo de medicamentos pela sociedade se tornou uma prática comum, contribuindo para o aumento da razão grama de fármacos/pessoa (Morais *et al.*, 2022). Como consequência, os fármacos e seus metabólitos são descartados no ambiente de várias formas e quando em corpos hídricos representa uma ameaça à saúde, visto que podem alterar a cadeia trófica (Valdéz-Carrillo *et al.*, 2020), promover desregulação endócrina em animais (Kazonga *et al.*, 2011) e induzir tolerância microbiana (Kock *et al.*, 2020).

O *United Nations Environment Programme* publicou recentemente um relatório atentando sobre futuras pandemias causadas por bactérias disseminadas pela água, porque grande quantidade de fármacos antibióticos e não-antibióticos, de uso humano ou veterinário, é excretada na forma ativa pelas fezes e urina e chegam aos corpos hídricos pelas estações de tratamento de água ou de esgoto (UN, 2022).

A metformina é uma biguanida derivada da galegina e é empregada como hipoglicemiante oral (Rena *et al.*, 2017). A metformina é o medicamento antidiabético oral comumente mais prescrito em todo o mundo, perfazendo de 45 a 50% de todas as prescrições, e atende anualmente mais de 150 milhões de pessoas (Drzewoski; Hanefeld, 2021). No Brasil, ficou entre os três medicamentos mais vendidos nos anos da pandemia de covid-19, representando um faturamento de mais de R\$ 500 milhões (SCMED, 2023). A metformina é considerada a droga mais prevalente despejada em corpos hídricos (Trautwein *et al.*, 2014). Ela é eliminada sem mudanças pela urina e no ambiente é convertida em guanilureia (Straub *et al.*, 2018). Ambas as moléculas são altamente hidrofílicas, isto é, não difundem de forma rápida e passiva através da membrana (Foretz *et al.*, 2014), como também não se bioacumulam (Ussery *et al.*, 2018).

Pseudomonas aeruginosa é uma bactéria ubíqua que tem o ambiente aquático seu principal habitats (Gonçalves; Vasconcelos, 2021). Por ser bem distribuída na natureza e ser dominante em ambientes hostis, sua capacidade de resistência, facilita a adaptação e persistência aos fatores externos de ambientes de elevada pressão seletiva (Abdelhadi *et al.*, 2023). Além disso, a bactéria é apontada como um microrganismo patógeno oportunista humano associada a infecções em indivíduos susceptíveis (Freschi *et al.*, 2018). A habilidade de colonizar diferentes locais faz com que isolados selvagens ou clínicos de *P. aeruginosa* exibam semelhanças no genoma, e uma infinidade diversidade de fenótipos (Grosso-Becerra *et al.*, 2014).

Como outros fármacos não-antibióticos, a metformina demonstra certo grau de atividade antimicrobiana contra *P. aeruginosa*, outros Gram-negativos, Gram-positivos e leveduras (Meherunisa *et al.*, 2018). O mecanismo de ação proposto aponta para a potencialização dos antibióticos porque promove alterações na membrana externa e favorece o acúmulo intracelular dos antimicrobianos (Masadeh *et al.*, 2021).

O biofilme age como uma barreira física em ambientes hostis e permite que as células se tornem resistentes. O contato com níveis subinibitórios de bioativos favorece o desenvolvimento de subpopulações persistentes, resultante da transferência horizontal de fatores de resistência entre a comunidade de células (Toyofuko *et al.* 2015). Baseado no fato de que *P. aeruginosa* ser um microrganismo oportunista, o desenvolvimento de resistência a antibióticos em função do contato com drogas não-antibióticas representa um risco relevante. Assim, este trabalho teve como objetivo testar a hipótese de que em águas poluídas, a exposição a concentrações inibitórias de metformina negativamente afetam o crescimento do biofilme de *P. aeruginosa*, contudo concentrações inferiores podem produzir efeito contrário.

Metodologia

Local de realização do trabalho

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMA), Centro de Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

Lista de medicamentos mais comercializados no Brasil

Foi realizada uma consulta no Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico referente aos anos de 2019, 2020 e 2021 identificando os 20 medicamentos não-antibióticos mais consumidos no Brasil.

Linhagem

Foi utilizada a linhagem *P. aeruginosa* TGC04, cadastrada no SisGen (acesso #A40AD65), isolada de solo e mantida no Laboratório de Microbiologia Ambiental.

Metformina

Foi utilizado cloridrato de metformina (Prati-Donaduzzi, Toledo-PR, Brasil – lote 22G14Y), adquirido em farmácia (caixa com 30 comprimidos de 500 mg, equivalentes a 390

mg). A solução-padrão foi preparada em 20 mL de água destilada esterilizada, por maceração dos comprimidos, seguida de homogeneização da solução à frio.

Ensaio in vitro de perturbação de células planctônicas

Foi realizado um teste de verificação da Concentração Inibitória Mínima (Olajuyigbe; Afolayan, 2012). Em placas de microdiluição contendo caldo 100 µL de Mueller-Hinton foram aplicados 100 µL de solução de metformina; e 10 µL da suspensão bacteriana, preparada em solução salina, a partir de células de cultivo recente (turbidez = tubo 0,5 da escala de MacFarland). Foram testadas concentrações variando de 25.000 a 50 µg/mL (razão 1:5). O sistema foi incubado à 30°C por 24h. Após, os poços foram examinados a 630 nm (Biotek, EL800) e a CIM foi interpretada como a concentração na qual não foi observada a presença de células viáveis, reveladas por solução de resazurina 1%. A qualificação da ação inibitória foi interpretada de acordo com a escala proposta por Sartorato *et al.* (2004). O ensaio foi realizado em triplicata.

Água residuária

Para simular uma situação de contaminação de água, cuja Demanda Química de Oxigênio (DQO) variou entre 1000 e 10000 mg/L, foi preparado um lixiviado como proposto por Reyes- Lara e Reyes-Mazzoco (2009). A composição do meio, em mg/L é equivalente a uma DQO de 4000 mg/L: sacarose (3,4); Extrato de levedura (0,784); Ureia (0,248); CaCl₂ (0,011); MgSO₄ (0,009); K₂HPO₄ (0,013); KH₂PO₄ (0,011) e FeCl₃ (0,001).

Ensaio in vitro da formação do biofilme

Foram preparados microcosmos de vidro (Figura 1), medindo 110 mm (altura) x 97 mm (largura) x 97 mm (comprimento), preenchidos com 490 mL de água residuária. A solução de metformina foi misturada ao meio atingindo as concentrações de 100 e 200 µg/mL. A aeração foi garantida por uma bomba de aquário submersa (JAD, S-510), 220 V, com vazão de 4 L/min e pressão de 0,01 MPa. Na parte superior dos microcosmos, foi acoplado um suporte contendo 6 lâminas de vidro equidistantes, com área submersa de 875 mm² por face, presas ao suporte com fio de poliamida. Os microcosmos foram assepticamente tampados e incubados à 25°C por 24h. Após 2 h, foram retiradas as primeiras amostras, em triplicata. A segunda coleta aconteceu após 24 h de incubação.

O biofilme foi quantificado pelo método do cristal violeta (Ommen *et al.*, 2017). As lâminas de vidro foram removidas e posteriormente lavadas com água corrente visando eliminar células não aderidas à superfície. Depois de secas, as lâminas de vidro foram tratadas com 10 mL de cristal violeta 1% por 20 minutos. Após, o excesso de corante foi removido com água corrente e a lâmina de vidro foi novamente lavada com igual volume de etanol absoluto. A absorbância da solução da segunda lavagem, contendo a mistura cristal violeta-etanol foi determinada a $\lambda = 590$ nm (Kasvi, K37-VIS). A quantidade do biofilme remanescente após exposição à metformina foi expressa aplicando a fórmula:

$$\% = [(C-A) - (T-B) / (C-A)] \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que C = absorbância no controle, T = absorbância do tratamento; B = absorbância do meio e A, a absorbância da solução com metformina.

Figura 1 – Microcosmos vistos de cima (esquerda) e de lado (direita)



Fonte: João Antônio Carvalho Bandeira (acervo)

Qualquer redução na adesão de *P. aeruginosa* TGC04 foi compreendida como atividade antimicrobiana, contudo o efeito antibiofilme da metformina foi considerado apenas quando o percentual de redução foi igual ou maior que 80%, comparada ao controle. Da mesma forma, o percentual de adesão foi considerado fraco, se $< 40\%$, moderado, entre 40-80% e alto, se $> 80\%$ (Rossi *et al.*, 2018). O ensaio foi realizado em triplicata. O controle do teste foi realizado sem adição de metformina.

Análises estatísticas

Os testes foram realizados em triplicata e os resultados apresentados em percentual \pm desvio padrão. Os resultados foram analisados pelo test t ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Consumo de medicamentos

O Quadro 1 resume os 5 (cinco) medicamentos mais vendidos entre os anos de 2019 e 2021 no Brasil. É importante ressaltar que mesmo com no período pandêmico, a listagem se mantém semelhante a aquela do ano pré-pandemia de covid-19, realçando apenas a inclusão da ivermectina, bem como medicamentos para congestão nasal ou aqueles à base de dipirona, em razão do período.

Quadro 1 – Lista dos cinco medicamentos mais vendidos no Brasil (2019-2021)

Ano	1°	2°	3°	4°	5°
2019	Glifage XR [®]	Neosoro [®]	Losartana N.Q [®]	Cimegripe [®]	Maxalgina [®]
2020	Glifage [®]	Neosoro [®]	Losartana Potas [®]	Ivermectina	Maxalgina [®]
2021	Neosoro AD [®]	Glifage [®]	Maxalgina [®]	Losartana Potas [®]	Cimegripe [®]

Fonte: Anvisa (2021)

Testes in vitro

Foi observada uma CIM de 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ da metformina para *P. aeruginosa* TGC04, revelando uma atividade forte da metformina sobre esta linhagem. A Tabela 1 sumariza os resultados do ensaio *in vitro* da formação do biofilme. Em algumas condições testadas, os valores obtidos às 2 h de teste foram diferentes ao observado com 24 h, isto porque se observou um percentual maior de redução da adesão no início com uma diminuição desse percentual mais tarde, e vice-versa. Para dar mais compreensão aos resultados, considerando a formação do biofilme um processo dinâmico, cumulativo ou dispersivo, optou-se também por ser apresentado o percentual de adesão como a variação nos dois tempos (Δ_{2-24h}). Os sinais

negativos representam aumento do biofilme, enquanto a redução foi representada pelos números positivos. A subtração de 100% do percentual de redução de 24h no teste serviu para classificar o tipo de adesão celular.

Tabela 1 – Percentuais de redução ou aumento do biofilme de *Pseudomonas aeruginosa* TGC04, comparados ao controle ($p < 0,05$)

Teste	Metformina ($\mu\text{g/mL}$)	DQO (mg/L)	Redução por intervalo (%)		Δ_{2-24h} *	Tipo de adesão (24h)
			2h	24h		
1	100	1000	13.85 \pm 0.03	8.22 \pm 0.04	+ 5.63	Alta
2	100	10000	32.10 \pm 0.03	32.47 \pm 0.03	- 0.37	Moderada
3	200	1000	84.40 \pm 0.07	44.44 \pm 0.02	+ 39.96	Moderada
4	200	10000	75.31 \pm 0.01	24.68 \pm 0.03	+ 50.63	Moderada

Os valores das colunas referentes às 2 e 24h se referem ao percentual de redução ou aumento do biofilme nos respectivos intervalos.

*Subtraindo-se os valores da coluna 2h dos valores em 24h observa-se a variação da inibição da formação do biofilme ao longo de 22h. Os sinais positivos indicam aumento do crescimento do biofilme em relação ao controle e sinais negativos indicam redução do crescimento do biofilme, comparado ao controle no mesmo período

O maior aumento e a maior redução do crescimento do biofilme ocorreram na exposição à CIM ($\approx 51\%$) e à sub-CIM ($\approx 0,5\%$) da metformina, respectivamente, nas maiores DQO. Este trabalho verificou o efeito da metformina sobre o crescimento do biofilme de *P. aeruginosa* TGC04, em um modelo simulando um ambiente poluído, sob regime turbulento. Os resultados sugerem que o crescimento do biofilme foi perturbado pela tensão de cisalhamento na superfície, bem como da concentração de nutrientes presentes. Exposta à sub-CIM da metformina, *P. aeruginosa* TGC04, na maior DQO, não sofreu alterações importantes em termos da inibição da adesão, sendo a única condição que isto foi observado. Os achados foram similares ao reportado previamente (Zhao *et al.*, 2017), quando pouco teor de nutriente favoreceu o crescimento do biofilme assim como altas concentrações de nutrientes não promoveram um efeito inibitório significativo.

Sobre este tópico, o que foi observado neste estudo revelou que em regime turbulento uma menor DQO proporcionou condições que culminaram nos mais baixos percentuais de redução do crescimento do biofilme. Por outro lado, nas maiores condições de DQO, ambas concentrações, sub-CIM e CIM da metformina, tiveram resultados opostos. Isto pode ser explicado seja pela estimulação da formação de biofilme quando ocorrem concentrações

subinibitórias, seja por uma maior demanda de nutrientes pode contrabalançar as perdas da biomassa em razão da atividade antimicrobiana da metformina.

O crescimento do biofilme demonstra correlação positiva com o teor de matéria orgânica e *P. aeruginosa* cresce em condições de baixa ou alta DQO (Zhang *et al.*, 2017). Além disso, as forças hidrodinâmicas são um dos fatores mais importantes que favorecem o desenvolvimento de biofilmes, seja na coesão, seja na dispersão, porque possibilita a transferência de massa de nutrientes, metabólitos, oxigênio e células do meio para o biofilme (Ahmerkamp *et al.*, 2022; Tsagikari *et al.*, 2022).

Sob regime turbulento os biofilmes se desenvolvem em monocamada, o que aumenta sua resistência (Laspidou *et al.*, 2005). Simunič *et al.* (2020) observaram que o biofilme formado por uma linhagem de *Escherichia coli* exibiu crescimento em duas e três vezes quando a vazão foi de 2,13 e 4,25 L/min, respectivamente. De acordo com Mello (2003), quando células são expostas à vazões menores que 9,4 L/min, indiscutivelmente o biofilme é formado, ficando mais evidente em vazões menores que 4,7 L/min. O presente estudo empregou a vazão de 4 L/min, que de acordo com a literatura, contribuiu para o aumento da adesão de células à superfície.

Ressalta-se que este estudo utilizou um organismo caracterizado por sua rápida resposta adaptativa, bem como da flexibilidade ecológica quando sujeita ao estresse ambiental. *P. aeruginosa* é capaz de se adaptar a estresses causados por vários fatores ambientais, respondendo rapidamente por fenótipos com perdas ou ganhos de habilidades fisiológicas e bioquímicas (Elabed *et al.*, 2012). Além disso, *P. aeruginosa* adere superfícies tanto hidrofóbicas como hidrofílicas porque altera a estrutura do antígeno-O de seu LPS (Melamed *et al.*, 2022). Isto resulta na diferenciação das linhagens e mudança no perfil de hidrofobicidade da parede celular, resultando no aumento do espectro de superfícies passíveis de adesão (Azimi *et al.*, 2021).

Em termos de adesão, *P. aeruginosa* demonstra de forma moderada à fraca e eventualmente uma adesão alta. Tal característica representa uma das estratégias evolutivas da bactéria para possibilitar a separação e migração para colonizar novas superfícies quando exposta a estresses ambientais ou quando se encontra em competição com outros microrganismos (Silva *et al.*, 2023). Baseado nos resultados, foi notável o potencial inibitório da metformina nas células planctônicas de *P. aeruginosa* TGC04, indo de acordo com o reportado anteriormente (Chada *et al.*, 2013). Contudo, a atividade antibiofilme esperada não foi observada, devendo-se salientar que o crescimento do biofilme está sujeito a outros fatores

(Moraes, 2013), mas no presente trabalho, os fatores que parecem ter mais contribuído foram a biodisponibilidade de nutrientes, a vazão e o tempo de exposição à metformina.

É comum encontrar na literatura material que descreva sobre antimicrobianos estimulando a formação de biofilmes após exposição à concentrações subinibitórias (Rosman et al., 2021). No presente estudo, esse aumento foi de até cerca de 50%, valor semelhante ao observado com *Enterococcus faecalis* (Hathroubi et al., 2017).

Zuo et al. (2023) ao analisarem os efeitos da metformina sobre a formação de biofilme de *Streptococcus suis* encontraram resultados contraditórios aos desta pesquisa, ao não observarem atividade inibitória nas células planctônicas. No entanto, os autores relataram redução significativa do biofilme por meio da inibição dos sistemas de *quorum sensing*, o que encoraja pesquisas futuras baseadas na premissa de que a inibição da comunicação célula-célula pode ser um caminho no controle do crescimento de patógenos.

Conclusão

Em sistemas aquáticos turbulentos e poluídos, a resposta de *P. aeruginosa* TGC04 exposta à metformina foi formar biofilme e a disponibilidade de nutrientes foi um fator relevante. Além disso, nas condições experimentais testadas foi possível verificar que a exposição à concentração inibitória da metformina foi mais favorável à *P. aeruginosa* TGC04 em termos de adesão e formação do biofilme do que o estresse causado pela exposição à sub-CIM da metformina.

Referências

ABDELHADI, M. W. M.; BANDEIRA, J. A. C.; PRAGANA, L. G.; GOMES, V. T.; DANTAS, J. V.; ALMEIDA, J. G. S.; TRAVASSOS, R. A.; VASCONCELOS, U. Preliminary insights into the action of non-antibiotic pharmaceuticals in the colonization of *Pseudomonas aeruginosa* TGC04. Multidiscip. Sci. Rep. v. 3, n. 2, 2023. doi: 10.54038/ms.v3i2.37.

AHMERKAMP, S.; JALALUDDIN, F. M.; CUI, Y.; BRUMLEY, D. R.; PACHERRES, C. O.; BERG, J. S.; STOCKER, R.; KUYPERS, M. M. M.; KOREN, K.; BEHRENDT, L. Simultaneous visualization of flow fields and oxygen concentrations to unravel transport and metabolic processes in biological systems. Cell Report. Method. v. 2, n. 5, p. 100216, 2022. doi: 10.1016/j.crmeth.2022.100216.

AZIMI, S.; THOMAS, J.; CLELAND, S. E.; CURTIS, J. E.; GOLDBERG, J. B.; DIGGLE, S. P. O-Specific Antigen-Dependent surface hydrophobicity mediates aggregate assembly type in *Pseudomonas aeruginosa*. *mBio*. v. 12, n. 4, p. e0086021, 2021. doi: 10.1128/mBio.00860-21.

CHADHA, J.; CHADA, J.; KHULLAR, L.; GULATI, P.; CHHIBBER, S.; HARJAI, K. Anti-virulence prospects of metformin against *Pseudomonas aeruginosa*: A new dimension to a multifaceted drug. *Microb. Pathogen*. v. 183, p. 1-11., 2013.

DRZEWOSKI, J.; HANEFELD, M. The current and potential therapeutic use of metformin—the good old drug. *Pharmaceuticals*. v. 14, n. 2, p. 122, 2021. doi: 10.3390/ph14020122.

ELABED, H.; BAKHROUF, A.; HAMZA, R.; GADDOUR, K. Evidence of the adaptive response in *Pseudomonas aeruginosa* to 14 years of incubation in seawater. *Annal. Microbiol*. v. 62, n. 4, p. 1385–1394, 2012.

FORETZ, M.; GUIGAS, B.; BERTRAND, L.; POLLAK, M.; VIOLLET, B. Metformin: From mechanisms of action to therapies. *Cell Metabol*. v. 20, n. 6, p. 953–966, 2014.

FRESCHI, L.; VINCENT, A. T.; JEUKENS, J.; EMOND-RHEAULT, J-G.; KUKAVICA-IBRULJ, I.; DUPONT, M-J.; CHARETTE, S. J.; BOYLE, B.; LEVESQUE, R. C. The *Pseudomonas aeruginosa* pan-genome provides new insights on its population structure, horizontal gene transfer, and pathogenicity. *BMC Genomics*. v. 15, p. 318, 2014. doi: 10.1186/1471-2164-15-318.

GONÇALVES, T.; VASCONCELOS, U. Colour me blue: the history and the biotechnological potential of pyocyanin. *Molecules*. v. 26, p. 927, 2021. Doi: 10.3390/molecules26040927.

GROSSO-BECERRA, M-V.; SANTOS-MEPELLÍN, C.; GONZÁLEZ-VALDEZ, A.; MÉNDEZ, J-L.; DELGADO, G.; MORALES-ESPINOSA, R.; SERVÍN-GONZÁLEZ, L.; ALCARAZ, L-D.; SOBERÓN-CHÁVEZ, G. *Pseudomonas aeruginosa* clinical and environmental isolates constitute a single population with high phenotypic diversity. *BMC Genomics*. v. 15, p. 318, 2014. doi: 10.1186/1471-2164-15-318.

HATHROUBI, S.; MEKNI, M.; DOMENICO, P.; NGUYEN, D.; JACQUES, M. Biofilms: Microbial shelters against antibiotics. *Microb. Drug Resist.* v. 23, n. 2, p. 147–156, 2017.

KASONGA, T. K.; COETZEE, M. A. A.; KAMIKA, I.; NGOLE-JEME, V. M.; MOMBA, M. N. B. Endocrine-disruptive chemicals as contaminants of emerging concern in wastewater and surface water: A review. *J. Environ. Manag.* v. 277, p. 111485, 2021. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111485

KOCH, N.; ISLAM, N. F.; SONOWAL, S.; PRASAD, R.; SARMA, H. Environmental antibiotics and resistance genes as emerging contaminants: Methods of detection and bioremediation. *Curr. Res. Microb. Sci.* v. 2, p. 100027, dez. 2020. doi: 10.1016/j.crmicr.2021.100027

LASPIDOU, C. S.; RITTMANN, B. E.; KARAMANOS, S. A. Finite element modeling to expand the UMCCA model to describe biofilm mechanical behavior. *Water Sci. Technol.* v. 52, n. 7, p. 161–166, 2005.

MASADEH, M. M.; ALZOUBI, K. H.; MASADEH, M. M.; ABURASHED, Z. O. Metformin as a potential adjuvant antimicrobial agent against multidrug resistant bacteria. *Clin. Pharmacol. Adv. Appl.* v. 13, p. 83–90, 2021.

MEHERUNISA; JAISWAL, S.; SETH, V. Study of metformin effect on antimicrobial property. *Int. Arch. Biomed. Clin. Res.* v. 4, n. 3, p. 85– 87, 2018.

MELAMED, J.; KOCEV, A.; TORGOV, V.; VESELOVSKY, V.; BROCKHAUSEN, I. Biosynthesis of the *Pseudomonas aeruginosa* common polysaccharide antigen by D-Rhamnosyltransferases WbpX and WbpY. *Glycoconjugate J.* v. 39, n. 3, p. 393– 411, 2022. doi: 10.1007/s10719-022-10040-4.

MELO, F. L. Biofilm formation and its role in fixed film processes. **Handbook of water and wastewater microbiology**. <https://doi.org/10.1016/b978-012470100-7/50021-2>, 2003.

MORAES, M. N.; SILVEIRA, W. C. D.; TEIXEIRA, L. E. M.; ARAÚJO, I. D. Mechanisms of bacterial adhesion to biomaterials. *Rev. Méd. MG.* v. 23, n. 1, p. 99–104, 2013.

MORAIS, V.; SOEDER, J.; ÖZCAN, E.; GOMES, V.T.; LIMA, K. Y. G.; VASCONCELOS U. Different solutions prepared with over-the-counter and under prescription medicines alters germination and seedling growth of linseed (*Linaceae*). *World J. Pharm. Pharm. Sci.* v. 11, n. 2, p. 1-11, 2022.

OLAJUYIGBE, O. O.; AFOLAYAN, A. J. *In vitro* antibacterial and time-kill assessment of crude methanolic stem bark extract of *Acacia mearnsii* De Wild against bacteria in shigellosis. *Molecules.* v. 17, n. 2, p. 2103–2118, 2012.

OMMEN, P.; ZOBEEK, N.; MEYER, R. L. Quantification of biofilm biomass by staining: Non-toxic safranin can replace the popular crystal violet. *J. Microbiol. Methods.* v. 141, p. 87–89, 2017.

RENA, G.; HARDIE, D. G.; PEARSON, E. R. The mechanisms of action of metformin. *Diabetologia.* v. 60, n. 9, p. 1577–1585, 2017.

REYES-LARA, S.; REYES-MAZZOCO, R. Effect of hydraulic and organic loads on the mass removal of a structured packing in a trickling filter. *Rev. Mex. Ing. Quím.* v. 8, n. 1, p. 101-109, 2009.

ROSMAN, C. W. K.; VAN DER MEI, H. C.; SJOLLEMA, J. Influence of sub-inhibitory concentrations of antimicrobials on micrococcal nuclease and biofilm formation in *Staphylococcus aureus*. *Sci. Rep.* v. 11, n. 1, p. 13241, 2021. doi: 10.1038/s41598-021-92619-924.

ROSSI, E.; PARONI, M.; LANDINI, P. Biofilm and motility in response to environmental and host-related signals in Gram negative opportunistic pathogens. *J. Appl. Microbiol.* v. 125, n. 6, p. 1587–1602, 2018.

SARTORATTO, A.; MACHADO, A. L. M.; DELARMELINA, C.; FIGUEIRA, G. M.; DUARTE, M. C. T.; REHDER, V. L. G. Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. *Braz. J. Microbiol.* v. 35, n. 4, p. 275–280, 2004.

SCMED – Secretaria Executiva da Câmara de Regulação do Mercado de Medicamentos. **Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico.** 2022. Brasília, CMED, 2023, 78p.

SILVA, E. C.; GOMES, V. T.; PRAGANA, L. G.; BANDEIRA, J. A. C.; SANTOS, L. F. A.; TRAVASSOS, R. A.; VASCONCELOS, U. Adherence reduction of *Pseudomonas aeruginosa* UFPEDA 416 under blue LED light irradiation and curcumin exposure. *Rev. Contemporânea.* v. 3, n. 5, p. 4437–4454, 2023.

SIMUNIČ, U.; PIPP, P.; DULAR, M.; STOPAR, D. The limitations of hydrodynamic removal of biofilms from the dead-ends in a model drinking water distribution system. *Water Res.* v. 178, p. 115838, 2020. doi: 10.1016/j.watres.2020.115838.

STRAUB, J. O.; CALDWELL, D. J.; DAVIDSON, T.; D'ACO, V. ; KAPPLER, K.; ROBINSON, P. F. ; SIMON-HETTICH, B. ; TELL, J. Environmental risk assessment of metformin and its transformation product guanyurea. I. Environmental fate. *Chemosphere.* v. 216, p. 844–854, 2019.

TOYOFUKU, M.; INABA, T.; KIYOKAWA, T.; OBANA, N.; YAWATA, Y.; NOMURA, N. Environmental factors that shape biofilm formation. *Biosc. Biotechnol. Biochem.* v. 80, n. 1, p. 7–12, 2015.

TRAUTWEIN, C.; BERSET, D.; WOLSCHKE, H. Occurrence of the antidiabetic drug metformin and its ultimate transformation product guanyurea in several compartments of the aquatic cycle. *Environ. Int.* v. 70, p. 203–212, 2014. doi:10.1016/j.envint.2014.05.008.

TSAGKARI, E.; CONNELLY, S.; LIU, Z.; McBRIDE, A.; SLOAN, W. T. The role of shear dynamics in biofilm formation. *NPJ Biofilm Microbiomes.* v. 8, n. 1, p. 33, 2022. doi: 10.1038/s41522-022-00300-4.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Environmental dimensions of antimicrobial resistance: Summary for policymakers.** Nairobi: United Nations Environment Programme, 2022.

USSERY, E.; NIELSEN, K.; PANDELIDES, Z.; KIRKWOOD, A.; BONETTA, D.; VENABLES, B.; GUCHARDI, J.; HOLDWAY, D. Effects of environmentally relevant metformin exposure on Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Aquatic Toxicol.* v. 205, p. 58–65, 2018. doi: 10.1016/j.aquatox.2018.10.003.

VALDEZ-CARRILLO, M.; ABRELL, L.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, J.; REYES-LÓPEZ, J.; CORRÉON-DIAZCONTI, C. Pharmaceuticals as emerging contaminants in the aquatic environment of Latin America: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* v. 27, n. 36, p. 44863–44891, 2020. doi: 10.1007/s11356-020-10842-9.

ZHANG, S.; YANG, Y.; LI, X.; BIAN, W. Impact of organic matter on biofilm growth and microbial community diversity. *Desalin. Water Treat.* v. 66, p. 10–16, 2017.

ZHAO, X.; ZHAO, F.; WANG, J.; ZHONG, N. Biofilm formation and control strategies of foodborne pathogens: food safety perspectives. *RSC Adv.* v. 7, n. 58, p. 36670–36683, 2017. doi: 10.1039/C7RA02497E

ZUO, J.; SHEN, Y.; WANG, H.; GAO, S.; YUAN, S.; SONG, D.; WANG, Y.; WANG, Y. Effects of metformin on *Streptococcus suis* LuxS/AI-2 quorum sensing system and biofilm formation. *Microb. Pathogen.* v. 181, p. 106183, 2023. doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106183.

Análise da produção *in vitro* do baculovirus SfMNPV - NR6 em células Sf21

Lucas Silva da Cruz¹; Nattanael Costa de Melo²; Andréa Farias de Almeida³

Lucas Silva da Cruz

O milho (*Zea mays* L.) desempenha um papel importante na economia global, e o Brasil se posiciona como um dos principais produtores agrícolas desse cereal. A lagarta *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) é uma das principais pragas que acometem a lavoura. Nesse contexto, o biocontrole e o manejo integrado de pragas são técnicas promissoras. Entre elas, os baculovírus oferecem uma alternativa aos pesticidas sintéticos, devido sua capacidade de combate sem riscos ao ecossistema. Objetivou-se analisar a produção do baculovírus *Spodoptera frugiperda multiple nucleopolyhedrovirus* isolado NR6 (SfMNPV - NR6) em células Sf21. As células com concentração inicial de 5×10^5 células viáveis/mL e 90% de viabilidade, foram infectadas com inóculo viral vírus derivado da oclusão (ODV). O SfMNPV isolado NR6 apresentou estabilidade, devido a susceptibilidade ao ODV. Diante do exposto, é possível produzir corpos de oclusão *in vitro* do baculovírus SfMNPV - NR6 em células Sf21 cultivadas em suspensão nas condições propostas.

Palavras-chaves: Bioinseticida viral. Praga do cartucho-do-milho. Cultivos em suspensão

¹ lucassdacruz15@gmail.com

² ncm@estudantes.ufpb.br

³ andreaafalm@cbiotec.ufpb.br, Análise da infectividade de isolados de baculovirus *Spodoptera* em células de inseto SF21, Análise da produção *in vitro* do baculovirus SfMNPV - NR6 em células Sf21, +55 83 99622-2676, pesquisa@propesq.ufpb.br

Apresentação

O Brasil se posiciona como o terceiro maior fornecedor global de milho, seguindo os Estados Unidos e a China. No contexto do agronegócio brasileiro, o milho assume um papel de destaque, emergindo como uma das culturas primordiais na economia com forte perfil social e econômico, por possuir baixo custo e como matéria-prima para a indústria (GALVÃO *et al.*, 2014), ficando atrás somente da soja. Sua versatilidade quanto ao cultivo sob diversas condições climáticas possibilita sua disseminação por quase a totalidade do território nacional. Nos anos de 2021/2022, a produção do grão e área de plantio aumentaram em relação a safras anteriores, um aumento de mais de 32% e 8% respectivamente (DE LIMA *et al.* 2023).

As lavouras de milho e de soja podem ser acometidas de insetos-praga durante todo o ciclo de desenvolvimento. A principal praga do milho é a *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: *Noctuidae*) conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho do milho (DA ROSA, 2014). Em virtude da relevância da produção, tem-se investido em programas de melhoramento genético, obtendo espécies com alta estabilidade, e programas de controle, como “Manejo Integrado de Pragas - MIP” e biocontrole, a fim de combater as pragas que afetam as lavouras (FREITAS, 2011).

Nesse cenário, dada sua notável afinidade com o gênero *Lepidoptera* (REZENDE, 2008), os baculovírus emergem como uma escolha proeminente para o controle biológico intrínseco. Eles representam uma alternativa sólida aos produtos agroquímicos frequentemente empregados nas plantações, com a vantagem adicional de não apresentarem riscos para a saúde humana nem para o ecossistema circundante (CASTRO *et al.*, 1999). Os baculovírus possuem dois tipos de *virions*, o vírus extracelular (BV) e o vírus derivados de oclusão (ODV) que é envolto de uma matriz proteica viral chamada de corpos de oclusão (OB). O BV e o ODV são produzidos em momentos diferentes no ciclo de infecção do baculovírus e possuem funções distintas devido às proteínas virais envolvidas nos processos de entrada na célula ou no hospedeiro. Assim, o BV é responsável pela infecção sistêmica, infectando célula-célula, e o ODV pela transmissão hospedeiro-hospedeiro, na qual ciclo viral se inicia no intestino médio da lagarta infectada (BRACONI, 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou produzir corpos de oclusão a partir de infecções do isolado SfMNPV - NR6 em células Sf21 cultivadas em suspensão. Analisando a adaptação das células Sf21 ao meio de cultura Sf900II e ao cultivo em suspensão, preparar as partículas virais de ODV do isolado SfMNPV - NR6, analisar os processos de infecção dos isolados quanto à infectividade da partícula ODV e quantificar os corpos de oclusão produzidos nos sistemas de infecção com o isolado SfMNPV - NR6.

Fundamentação teórica

A cultura do milho no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e China. O milho apresenta características no agronegócio brasileiro, sendo uma das principais culturas presentes na economia, atrás apenas da soja. Podendo ser cultivado em diferentes condições climáticas, seu cultivo está presente em quase todo território brasileiro. Nos anos de 2021/2022, a produção do grão e área de plantio aumentaram em relação a safras anteriores, um aumento de mais de 32% e 8% respectivamente (DE LIMA *et al.* 2023).

O milho é datado de aproximadamente 5000 a.C. na região do México pelos povos que residiam, e se espalhou com a chegada dos americanos e da época das navegações. Atualmente, o milho é consumido em quase todo o mundo, possuindo propriedades nutritivas como amido, carboidratos, proteínas, gorduras e como fonte energética. Tem presença garantida cada vez

mais na alimentação dos brasileiros, de diversas formas, como o cuscuz, fubá, pamonha, canjica e entre outros (COELHO, 2018).

Em 2017, a produção do milho representou aproximadamente 37% dos grãos que foram produzidos no Brasil. Em meados de 1990 até meados de 2010, a produção de milho quase dobrou, e apresentou aumento da área cultivada em mais de 15% (ARTUZO *et al.*, 2018). A produção de milho é feita em 2 etapas, 1ª e 2ª safra, no Brasil se concentra nas regiões centro-oeste, sudeste e sul, que na safra de 2007/08, foram responsáveis por cerca de 50% de toda a produção (CALDARELLI, 2012). Além do consumo humano, o milho é também utilizado na produção de ração animal, atendendo a suinocultura e avicultura, o excedente é voltado para o mercado internacional (DE SOUZA *et al.*, 2018).

Metodologia

Linhagem celular

A linhagem de células de inseto utilizadas foram Sf21, derivada da *Spodoptera frugiperda*, cedida pela pesquisadora Dr^a. Marlinda Lobo Souza (EMBRAPA/CENARGEN – Recursos Genéticos e Biotecnologia – Departamento de Controle Biológico).

As células de inseto cedidas pela EMBRAPA eram mantidas em cultivo estático (monocamada), em meio TC100 suplementado com 10% de soro fetal bovino (SFB). As culturas foram adaptadas ao cultivo em suspensão e ao meio SF900 II SFM (GIBCO) e sem o suplemento do soro fetal bovino.

O cultivo em suspensão foi realizado em frascos Erlenmeyer de 125 mL, com volume de suspensão de 25mL, mantidos em incubadora rotativa (SOLAB SL-223) sob agitação de 120 rpm e temperatura controlada a 28°C (ALMEIDA, 2010).

A manutenção das células foi realizada por meio de passagens sucessivas, duas vezes por semana. A morfologia, concentração e viabilidade celular foram acompanhadas por microscopia óptica, as duas últimas foram também determinadas através da técnica de exclusão, pela coloração com azul de tripan (SIGMA - ALDRICH) realizando a contagem de células em hemocitômetro a uma concentração de 0,1% (v/v). Todas as contagens foram realizadas em triplicata (ALMEIDA, 2010).

Assim, foi possível a concentração celular do cultivo conforme a Equação 1 (ALMEIDA, 2010).

$$C_c = \frac{M_c}{8 \cdot 10^{-4}} \cdot F_d \quad (1)$$

Em que,

C_c – concentração celular (células viáveis/mL de meio);

M_c – média da contagem celular viável;

8×10^{-4} – volume total do hemocitômetro;

F_d – fator de diluição.

A partir da concentração de células viáveis e totais, também foi estimada a viabilidade, determinada pela Equação 2 (ALMEIDA, 2010).

$$V(\%) = \frac{C_v}{C_t} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que,

V – viabilidade celular expressa em porcentagem;

C_v – número de células viáveis;

C_t – número total de células;

As células foram utilizadas nos processos de infecção quando a concentração de células viáveis máxima superou $1,0 \times 10^6$ células/mL e uma viabilidade superior ou igual a 90%.

Baculovírus

O baculovírus utilizado nos processos de infecção foi *Spodoptera frugiperda multiple nucleopolyhedrovirus* (SfMNPV) cedido gentilmente pela pesquisadora Dr^a. Marlinda Lobo Souza (EMBRAPA – Recursos Genéticos e Biotecnologia).

Nos processos de infecção, os vírus extracelulares (BV) coletados de cultivo *in vitro* anterior realizado com o vírus derivado da oclusão (ODV) do baculovírus SfMNPV foram utilizados como inóculo viral para os processos de infecção das células Sf21 cultivadas em suspensão.

Processos de infecção

Os processos de infecção foram realizados em frascos Erlenmeyer de 125 mL com 30 mL de suspensão celular a uma concentração inicial de $5,0 \times 10^5$ células viáveis/mL e viabilidade maior que 90%.

Em cada frasco, foi adicionada uma alíquota de 10% (v/v) do inóculo viral na suspensão de células com viabilidade maior que 90%. Os frascos, após inoculação, foram mantidos em incubadora rotativa orbital (SOLAB SL-223) sob agitação de 120 rpm, e temperatura controlada a 28°C. A cada 24 horas, foram retiradas amostras para determinação da concentração celular.

A partir de 48 horas do processo de infecção, as amostras também foram utilizadas para determinar a concentração dos corpos de oclusão (OB). Adicionou-se 100 µL de uma solução de 1% (p/v) de SDS (dodecil sulfato de sódio) em 100 µL das células infectadas, após homogeneizada a mistura foi deixada em repouso por 2 horas para garantir a completa dissolução da membrana celular, seguida da liberação dos OBs no meio (ALMEIDA, 2005).

A produção volumétrica dos OBs foi determinada por meio da contagem em hemocitômetro (Equação 3) e relacionada com a concentração celular da suspensão infectada para estabelecer a produção específica por célula (Equação 4) (ALMEIDA, 2010).

$$C_{ob} = \frac{5 \cdot Fd \cdot M_{ob}}{1 \cdot 10^{-4}} \quad (3)$$

Em que,

C_{OB} – concentração de poliedros (OB/mL);

Fd – fator de diluição;

M_{OB} – média da contagem de poliedros;

1×10^{-4} – volume de um quadrante do hemocitômetro.

$$PE_{ob} = \frac{CM_{ob}}{CM_{ct}} \quad (4)$$

Em que,

PE_{OB} – produção específica de poliedros (OB/célula);

CM_{OB} – concentração máxima de OB (OB/mL);

CM_{CT} – concentração máxima de células totais (células/mL).

Após produção de BVs, que normalmente ocorre em 48-72 horas pós-infecção, uma alíquota de 50% do volume inicial do processo foi centrifugada (1000rpm por 10 minutos, Centrífuga MiniSpin, Eppendorf) e guardado o sobrenadante contendo os BVs. O sobrenadante foi então armazenado em 4-8°C e utilizado como inóculo para futura infecção.

Resultados e Discussão

Manutenção e adaptação da cultura celular em suspensão

O cultivo em suspensão de células de *S. frugiperda*, Sf21, foi acompanhado durante todo o período de vigência do projeto. Na análise do processo de manutenção foi avaliado a morfologia, concentração e viabilidade celular, para então serem utilizadas nos processos de infecção com o baculovírus SfMNPV - NR6. As células Sf21 apresentaram boa adaptação ao cultivo em suspensão, e a viabilidade celular foi aumentando gradativamente durante os subcultivos realizados. Após o período de 1 ano, a cultura mantida no cultivo em suspensão apresentou viabilidade superior a 90% e concentração celular variando de 1×10^6 a 3×10^6 células viáveis/mL. A partir desses resultados, foi possível realizar os processos de infecção com os baculovírus de estudo.

Micrografias do cultivo celular

Na Figura 1, é possível fazer a observação das células adaptadas ao cultivo em suspensão, revelando uma notável elevação na concentração e na viabilidade celular. Contrapondo essa imagem, na Figura 2 pode-se observar as células nos estágios iniciais da infecção. Neste ponto, a concentração e viabilidade celular sofrem uma redução, acompanhada de transformações morfológicas na membrana celular. Na Figura 3 pode-se visualizar as células no decorrer do processo infeccioso, exibindo uma morfologia distinta quando comparadas àquelas observadas na Figura 2, apresentando maior turgidez e algumas delas com deformações na parede celular, resultando em espaços vazios intercalados, indicativos de um declínio na viabilidade.

Figura 1 - Células Sf21 em boa concentração celular e alta viabilidade.

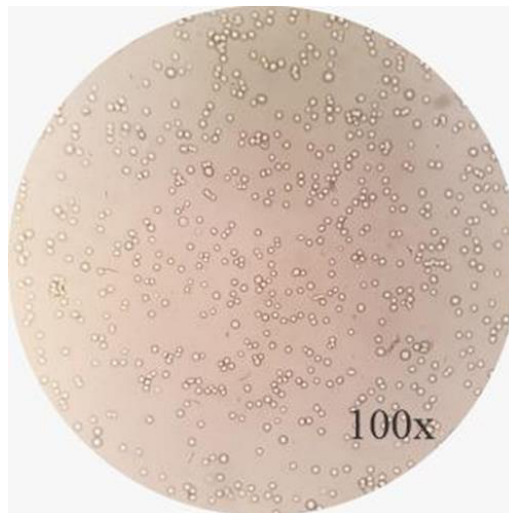


Figura 2 - Células Sf21 durante o período de infecção com ChinSNPV.

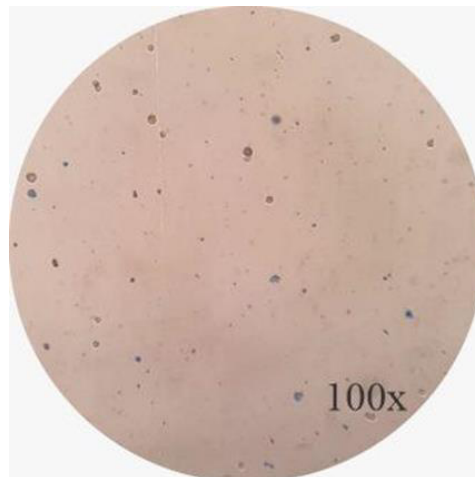
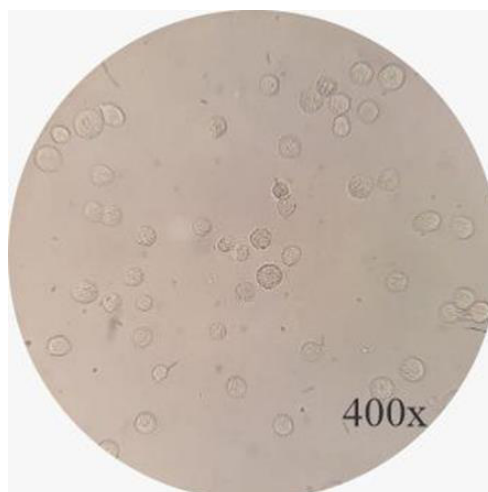


Figura 3 - Células Sf21 já infectadas com baculovírus ChinSNPV.



Processo de infecção com o baculovírus SfMNPV - NR6

Na Figura 4 observa-se a infecção com o baculovirus SfMNPV - NR6, representada pelas curvas de crescimento e viabilidade celular. As células-controle apresentaram alto crescimento celular, com um pico de $2,55 \times 10^6$ células viáveis/mL no dia 7, e constância na viabilidade (acima de 90%), e as células infectadas com queda na viabilidade a partir de 48 horas visto a intensa produção de OBs, chegando até 41% no final do processo, e crescimento celular estagnado durante toda a infecção. Essa redução da concentração, nas células infectadas já foi relatada por Ciccaglione *et al.* (2003), sugere que o inóculo viral apresentou eficiência na infecção, dessa forma apresentando uma possível multiplicidade de infecção (MOI).

A produção de corpos de oclusão apresentou um comportamento diferente das outras partículas virais, enquanto os outros processos de infecção apresentaram uma produção de OBs de forma crescente e estável. Na figura 5 podemos observar a produção de OBs com o SfMNPV - NR6, que apresentou um padrão constante nos dias 2 e 3, com $5,63 \times 10^6$ OB/mL e $5,75 \times 10^6$ OB/mL, respectivamente. No dia 4 até o dia 7, apresentou outra constância de $7,11 \times 10^6$ OB/mL e $7,21 \times 10^6$ OB/mL nesta ordem. Além da produção específica dos OBs, que apresentou um pico de 14,3 OB/célula no dia 3 e um valor final de 10,6 de OB/célula infectada.

Figura 4 - Processo de infecção com o ODV do SfMNPV - NR6 – Análise da concentração e viabilidade celular.

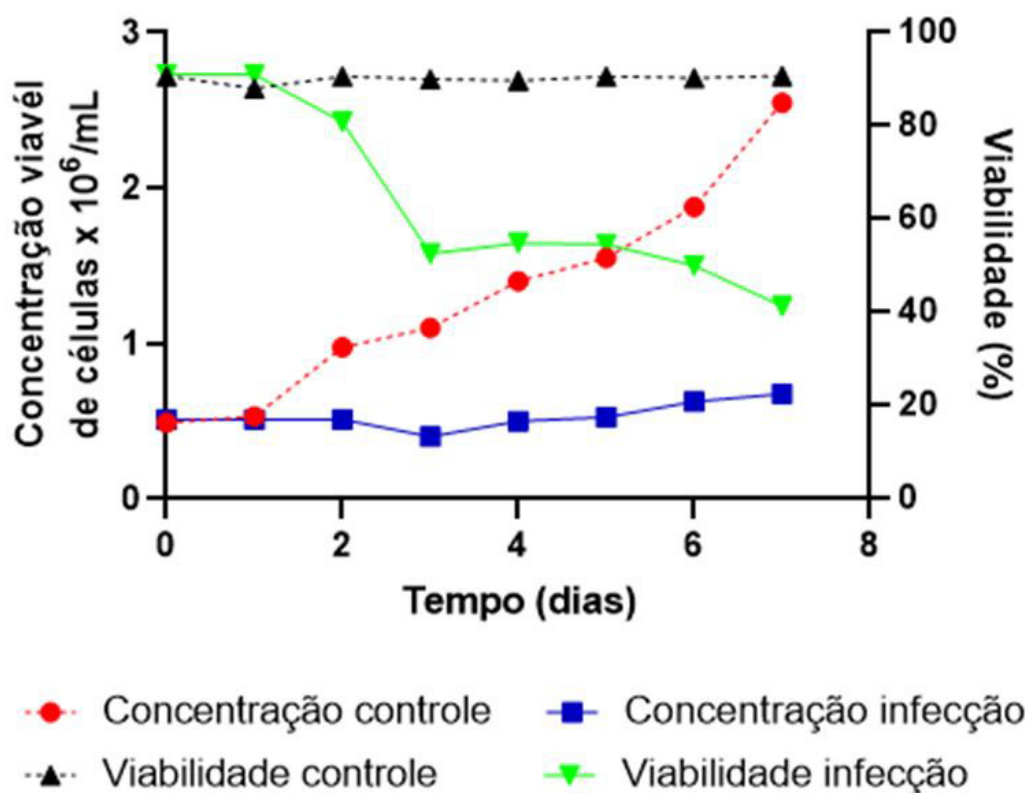
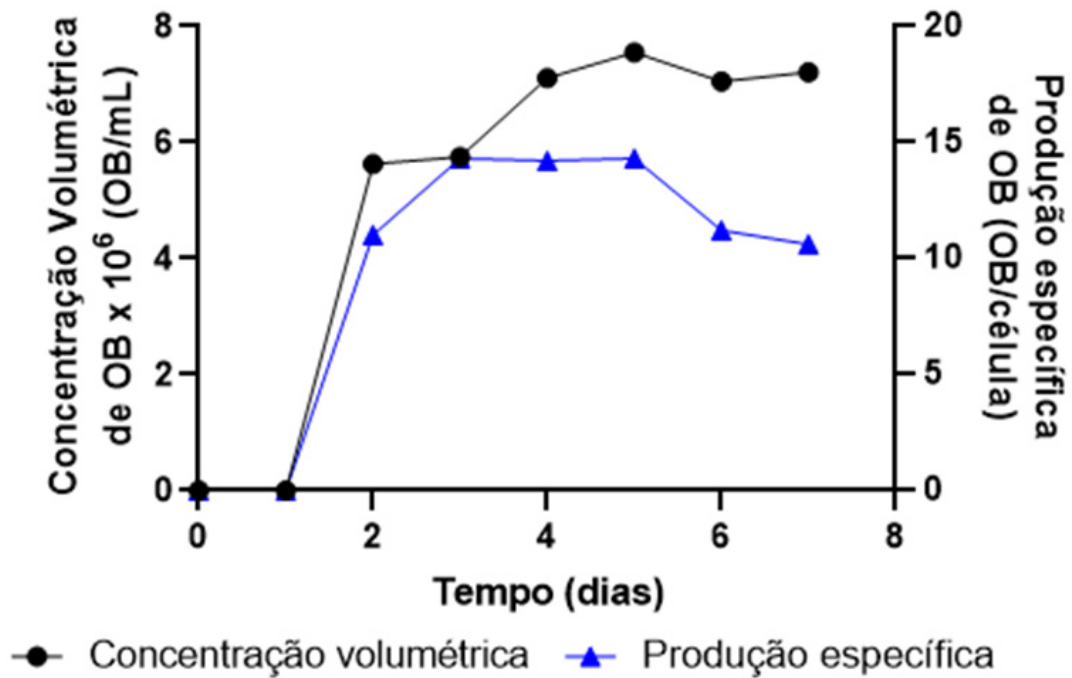


Figura 5 - Produção volumétrica e específica de OB a partir do ODV do SfMNPV - NR6.



Quando comparado com estudos anteriores utilizando como inóculo viral baculovirus derivados de outras espécies, como o AgMNPV (Figuras 6 e 7) e o ChinSNPV (Figuras 8 e 9), o SfMNPV - NR6 apresentou maior estabilidade nos resultados, devido que os processos de infecções foram feitos em momentos diferentes de adaptação celular, além do fato de que o SfMNPV - NR6, é o vírus específico das células utilizadas no trabalho, garantindo assim maior especificidade e suscetibilidade nas células do hospedeiro. A menor produção de poliedros comparado ao de Almeida *et al.* (2010) pode ser relacionado ao sistema que se utilizou meio SF900II, sem SFB, o que já foi anteriormente relacionado com estresse celular provocado pela ausência do soro, que possibilita melhor oferta nutritiva para o crescimento celular (DRUGMAND; SCHNEIDER; AGATHOS, 2012).

Figura 6 - Processo de infecção com o ODV do ChinSNPV – Análise da concentração e viabilidade celular.

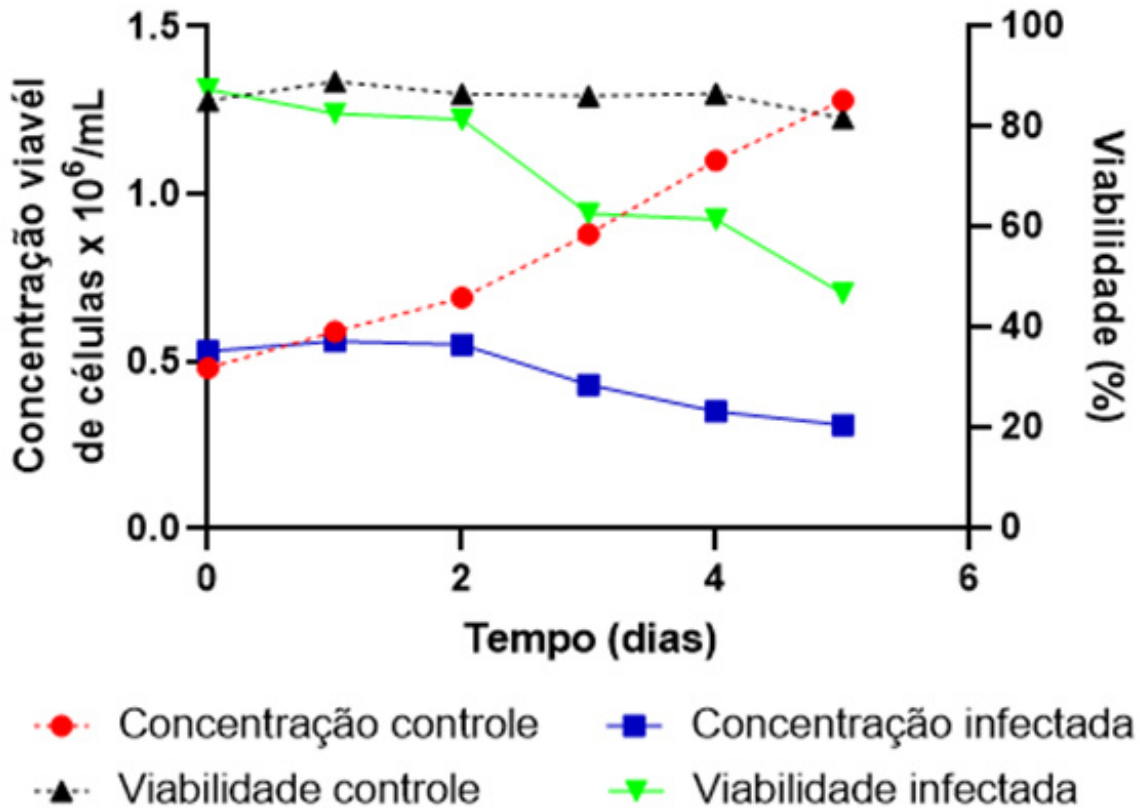


Figura 7 - Produção volumétrica e específica de OB a partir do ODV do ChinSNPV.

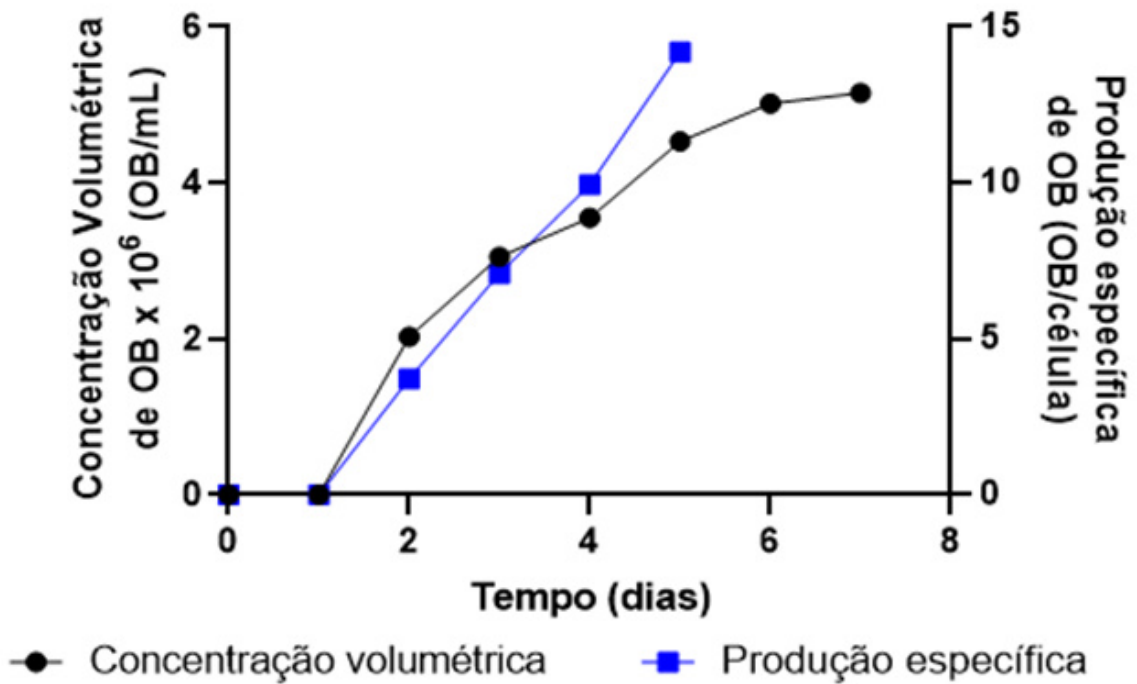


Figura 8 - Processo de infecção com o ODV do AgMNPV – Análise da concentração e viabilidade celular.

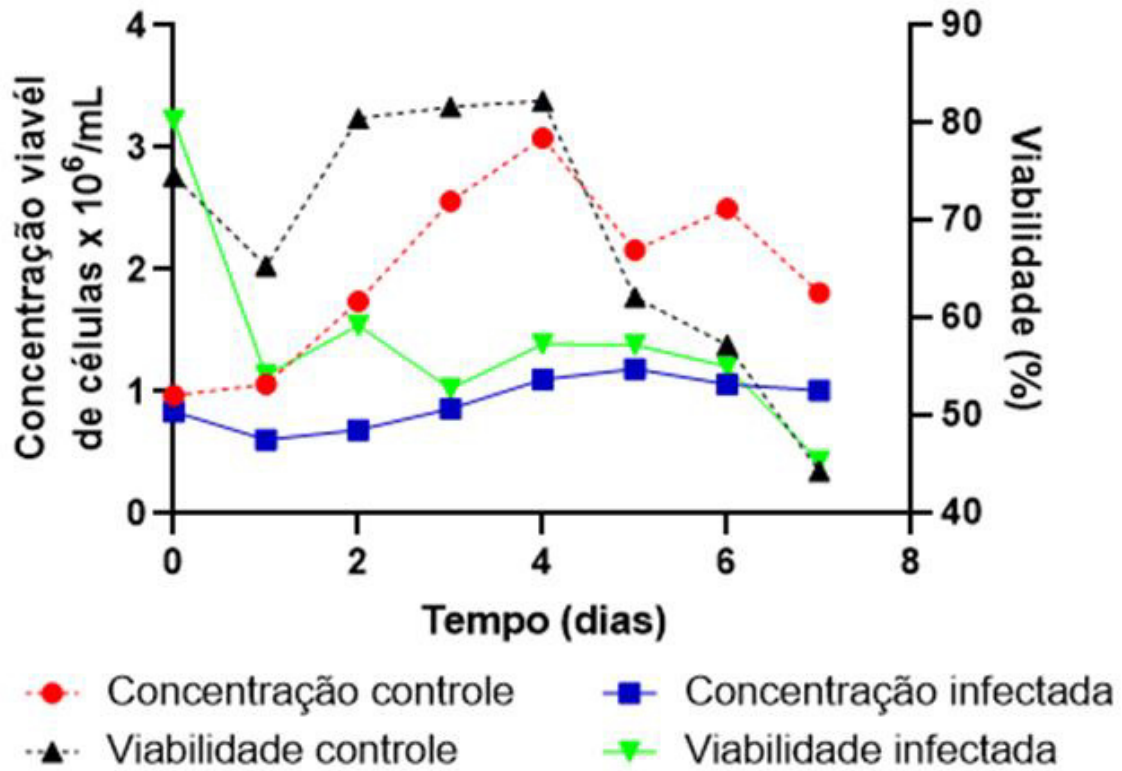
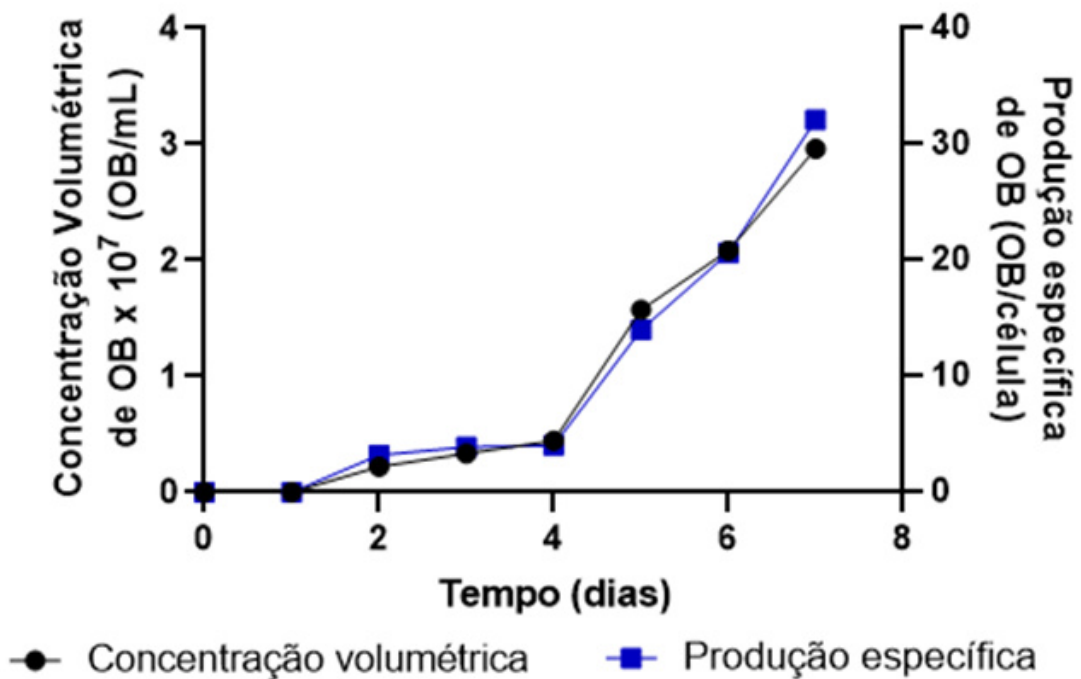


Figura 9 - Produção volumétrica e específica de OB a partir do ODV do AgMNPV.



Conclusão

Diante da análise dos resultados, pode-se concluir que as células Sf21 derivadas de *S. frugiperda* apresentaram boa adaptação ao novo tipo de cultivo em suspensão ausente de SFB, nas condições de processo propostas, apresentando alta concentração e viabilidade celular.

É possível produzir *in vitro* o baculovírus SfMNPV - NR6 em células derivadas de *S. frugiperda* Sf21. A efetivação da infecção foi demonstrada por meio dos efeitos citopáticos que foram vistos em microscópio e também pela produção dos corpos de oclusão (OB), além de comparar os resultados obtidos com sistemas de produção com outros baculovírus como AgMNPV e ChinSNPV. Portanto pode-se concluir que as células Sf21 são suscetíveis a ação do ODV obtido do SfMNPV- NR6.

A partícula viral utilizada como inóculo apresentou diferenciação produção de OB quando comparado a outros estudos, isso pode estar atrelado às proteínas virais presentes em cada uma dessas partículas dos seus respectivos isolados de baculovírus e/ou a uma adição maior de vírus em cada amostra do inóculo viral.

Porém, faz-se necessário realizar novos processos de infecção em células para otimizar o sistema de produção de OB.

Referências

ALMEIDA, Andréa Farias de. Avaliação preliminar da viabilidade de produção *in vitro* de um isolado brasileiro de baculovírus *Spodoptera frugiperda* MNPV. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ALMEIDA, A. F. *et al.* Kinetic analysis of *in vitro* production of wild-type *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 53, p. 285-291, 2010.

ARTUZO, Felipe Dalzotto *et al.* Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, p. 273-294, 2018.

BRACONI, Carla Torres. Proteoma do baculovírus *Anticarsia gemmatalis* múltiplo nucleopoliedrovírus em linhagens celulares distintas e comparação da proteína de envelope GP64 em variantes geográficos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CALDARELLI, Carlos Eduardo; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova economia**, v. 22, p. 141-164, 2012.

CASTRO, M. E. B. de *et al.* Biologia molecular de baculovírus e seu uso no controle biológico de pragas no Brasil. 1999.

CICCAGLIONE, A. R. *et al.* Expression of HCV E1 protein in baculovirus-infected cells: effects on cell viability and apoptosis induction. **Intervirolgy**, v. 46, n. 2, p. 121-126, 2003.

COELHO, Jackson Dantas. Produção de grãos-feijão, milho e soja. 2018.

DA ROSA, Ana Paula Schneid Afonso *et al.* Ponte Verde para *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) em Terras Baixas. 2014.

DE LIMA, Allan Rodrigo Simão *et al.* Produtividade do milho em diferentes manejos de adubação com água residuária de suinocultura. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 1, p. 53-62, 2023.

DE SOUZA, Aguinaldo Eduardo *et al.* Estudo da produção do milho no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018.

DRUGMAND, J.; SCHNEIDER, Y.; AGATHOS, S. N. Insect cells as factories for biomanufacturing. *Biotechnology advances*, v. 30, n. 5, p. 1140-1157, 2012.

FREITAS, Márcio. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

GALVÃO, João Carlos Cardoso *et al.* Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 61, p. 819-828, 2014.

REZENDE, S. H. M. S. Caracterização molecular de mutantes gerados pela passagem serial do baculovírus *Anticarsia gemmatalis* MNPV em cultura de células. 2008.