

Impactos da extração madeireira sobre a estrutura de um bosque de mangue na APA Delta do Parnaíba

Victor de Jesus Silva Meireles^{1*} , Melise Pessôa Araújo Meireles² , Jesus Rodrigues Lemos³ , Roseli Farias Melo de Barros⁴ , João Batista Campos⁵ 

1 Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Helvídio Nunes de Barros, R. Cícero Duarte, nº 905 - Junco, Picos - PI, 64607-670.

2 Curso de Licenciatura em Educação do Campo, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Helvídio Nunes de Barros, R. Cícero Duarte, nº 905 - Junco, Picos - PI, 64607-670.

3 Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Delta do Parnaíba – UFDPar, Av. São Sebastião, nº 2819 - Nossa Sra. de Fátima, Parnaíba - PI, 64202-020.

4 Departamento de Biologia, Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Ininga, Teresina - PI, 64049-550.

5 Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais – PEA, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 - Zona 7, Maringá - PR, 87020-900.

*Autor para correspondência: victormeireles@ufpi.edu.br

Recebido em 01 de maio de 2020.

Aceito em 13 de outubro de 2021.

Publicado em 11 de novembro de 2021.

Resumo - Os Mangues representam uma relevante fonte de recursos tradicionais, tais como alimento e matéria-prima para construção, principalmente para as modestas comunidades de pescadores artesanais. Nesta perspectiva, analisou-se a influência do extrativismo sobre a estrutura de um bosque de mangue, particularmente no que tange a coleta de produtos madeireiros na Ilha das Canárias-MA, Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba. Foram determinados dois sítios (área 1- Antropizada; área 2- Padrão) para avaliação da composição e estrutura da flora (por meio do método de parcelas), das características ambientais (sistema de inundação e solo) e processos biológicos, como o banco de plântulas. A técnica de turnê-guiada foi aplicada a informantes-chave (n=12), visando à coleta de dados sobre a extração de espécies. Detectaram-se possíveis fatores limitantes que podem ter influência sobre a estrutura das duas fitocenoses, como salinidade, concentração de alumínio disponível, nível de alagamento e ação antrópica. Sinais de corte foram encontrados apenas na área Antropizada, especificamente com a espécie *Avicennia germinans* (L.) L., em contrapartida, a área Padrão apresentou desenvolvido estado de sucessão.

Palavras-chave: Manguezal. Extração de madeira. Fitossociologia.

Impacts of logging on mangrove forest structure in the Delta do Parnaíba EPA

Abstract - Mangroves represent important traditional resources, such as food and raw materials for construction, mainly for modest local communities of fishermen. In this perspective, the influence of plant extractivism on the structure of mangrove forests was evaluated, particularly with regard to timber products in the Ilha das Canárias (MA-Brazil) - Delta do Parnaíba Environmental Protection Area. Two sites (area 1- Anthropized; area 2- Standard) were delimited in order to evaluate the composition and structure of the flora (plot sampling), environmental characteristics (flood system and soil) and biological processes, such as the seedling banks. The walk-in-the-woods technique was

applied to key informants (n = 12), with the aim of collecting data on the species extraction. Possible limiting factors that may have influence the structure of the two phytoceenosis were detected, including salinity, available aluminum concentration, flooding level and anthropic activity. Cutting signs were found only in the Anthropized area, specifically with the species *Avicennia germinans* (L.) L.. Conversely, the Standard area showed a developed state of succession.

Keywords: Mangrove. Wood extraction. Phytosociology.

Impactos de la tala en la estructura de un bosque de manglares en la APA del Delta del Río Parnaíba

Resumen - Los manglares representan una fuente relevante de recursos tradicionales, como alimentos y materia prima para la construcción, especialmente para las modestas comunidades pesqueras artesanales. En esta perspectiva, se evaluó la influencia del extractivismo sobre la estructura de un bosque de manglares, particularmente en lo que respecta a a recolección de productos madereros en las Islas Canarias-MA, Área de Protección Ambiental del Delta del Río Parnaíba. Se determinaron dos sitios (área 1- Antropizada; área 2- Estándar) para la evaluación de la composición y estructura de la flora (a través del método de parcelas) de las características ambientales (sistema de inundación y suelo) y procesos biológicos, como el banco de las plántulas. Se aplicó a los informantes clave (n=12) la técnica de recorrido guiado, destinado a la recolección de datos sobre la extracción de especies. Se detectaron posibles factores limitantes que pueden influir en la estructura de las dos fitocenosis, como salinidad, concentración de aluminio disponible, nivel de inundación y acción antrópica. Señales de corte fueron encontrados sólo en el área Antropizada, específicamente con la especie *Avicennia germinans* (L.) L..en cambio, el área estándar presentó un estado de sucesión desarrollado.

Palabras clave: Manglares. Extracción de madera. Fitosociología.

Introdução

O manguezal é uma formação vegetal taxonomicamente diversa que cresce geralmente em ecossistemas costeiros tropicais (Mondal et al. 2019). Estabelece-se sobre pântano salobro, formado a partir da mescla de águas do escoamento dos continentes e dos mares. Tal mistura, resulta na aglutinação de partículas de matéria orgânica e argila, originando um substrato movediço, em condições aeróbicas e salinas, limitante ao desenvolvimento da maioria das espécies fanerófitas (Mantovani 2002). Nesse ambiente, forma-se uma cobertura vegetal especializada típica de zona entremarés (Schaeffer-Novelli 2002), composta predominantemente por espécies lenhosas (Feller et al. 2010).

Ocorre ao longo da costa (Giri 2016), o que possibilita seu crescimento em climas diversificados. É encontrado em climas excessivamente áridos, como na costa do Golfo Pérsico, passando pela fria costa temperada do sul da Austrália, até as costas equatoriais úmidas da Ásia, África e América Latina (Clough 1992). No Brasil, os manguezais ocupam uma área estimada em de 1.398.966,13 hectares e exibem uma reduzida variedade de Angiospermas típicas desse ecossistema, composta por três famílias, quatro gêneros e seis espécies (Fernandes 2012). No Nordeste brasileiro, especificamente na Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Rio Parnaíba, já foram descritas florestas com a presença

de cinco espécies diferentes (Deus et al. 2003; El-Robrini et al. 2006; Bandeira 2013; Meireles et al. 2017; Meireles et al. 2018; Costa 2019).

Essa APA tem como objetivos fundamentais salvaguardar a biodiversidade, regular o processo de ocupação e proporcionar o uso sustentável dos recursos naturais (Brasil 2000). Registra-se na região do Delta do Parnaíba a atividade antrópica sobre a referida vegetação, como o uso madeireiro de espécies, por exemplo (Saraiva 2009; Sousa et al. 2012). Contudo, a exploração e extração de vegetais do mangue no país é considerada ilegal, pois toda a flora existente ao longo do curso de água, de hábito arbóreo ou não, deve ser preservada, conforme a Lei de Proteção da Vegetação Nativa nº 12.651 (Brasil 2012).

Independentemente da proibição, sabe-se que os manguezais desempenham importante papel na vida de populações que habitam em suas proximidades e que dependem desse ecossistema para alimentação, moradia, proteção costeira e outros serviços ecossistêmicos (López-Angarita et al. 2016; Quinn et al. 2017). Para Cabral et al. (2006), muitas comunidades desprovidas economicamente acabam por colher desse ambiente o único alimento que consomem e têm na retirada da madeira a opção disponível para a construção de suas moradias. Dessa maneira, ressalta-se o significativo valor dos manguezais para as populações, cuja importância passa pela promoção da sustentabilidade humana, fornecimento de serviços ecossistêmicos, ciclagem de nutrientes, formação de solo e produção madeireira (Diniz et al. 2019).

Assim, conhecer as espécies úteis para os habitantes locais e a abundância de indivíduos das espécies são pontos essenciais para o planejamento de estratégias de conservação e o uso sustentável da diversidade biológica de uma área (Lima et al. 2012). Posto isto, a presente pesquisa propôs, além da busca por entender a relação existente entre populações tradicionais e o mangue, compreender se a utilização de recursos madeireiros estaria gerando interferência na estruturada floresta. Para tanto, fazer-se uso da ferramenta fitossociologia a fim de propiciar dados mais robustos. Assim, o presente trabalho propôs analisar a influência do extrativismo tradicional sobre a estrutura de bosques de mangues, particularmente no que tange à coleta de produtos madeireiros na Comunidade de Pescadores Artesanais Canárias, localizada no interior da Reserva Extrativista (RESEX) Marinha Delta do Parnaíba, pertencente à Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba.

Material e Métodos

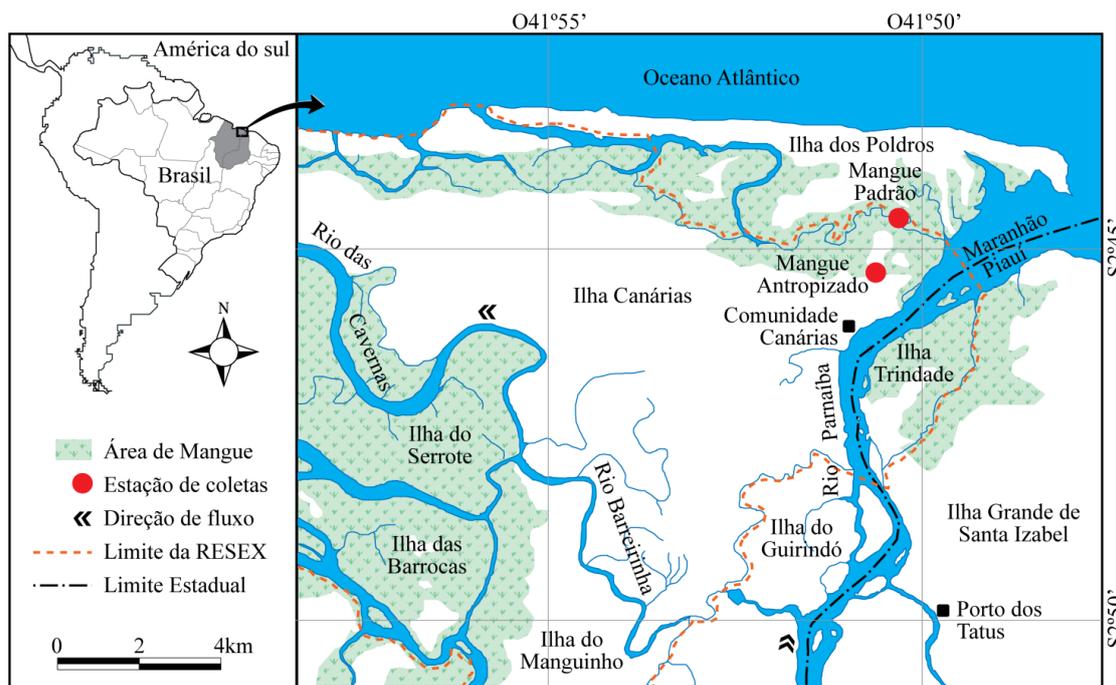
Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na região do Delta do Rio Parnaíba, único em mar aberto das Américas, complexo formado por cerca de 80 ilhas, distribuídas em uma área de 2.700 km² (Silva 2004). Para esta pesquisa foi escolhida a Ilha das Canárias, composta por cinco comunidades de pescadores artesanais, sendo Canárias, a maior entre elas e selecionada para o desenvolvimento do estudo (2°45'33.1"S e 41°51'01.7"O) (Figura 1). A comunidade pertence ao município de Araisos/MAe está localizada, concomitantemente, no interior da RESEX Marinha Delta do Parnaíba e da Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba (Meireles et al. 2018).

De acordo com a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima característico da região é o Tropical Chuvoso, apresentando-se quente e úmido e com ocorrência de chuvas no verão e outono. Possui vegetação perenifolia de mangue na área, apresentando características halomórficas, traço deste tipo de ambiente. Em geral, tais espécies são frequentes nas bordas das formações sedimentares,

estando em contato ou não com a água (Cavalcanti 2011). O manguezal presente no Delta Rio Parnaíba é constituído pelas espécies *Avicennia germinans* (L.) L., *Avicennias chaueriana* Stapf&Leechm. ex Moldenke, *Conocarpus erectus* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. E *Rhizophora mangle* L. (Deus et al. 2003; El-Robrini et al. 2006; Santos-Filho et al. 2010; Sousa et al. 2012; Andrade et al. 2012; Bandeira 2013; Meireles et al. 2017; Meireles et al. 2018; Costa 2019).

Figura 1. Localização da Comunidade Canárias e estações das coletas fitossociológicas das espécies lenhosas do manguezal, Araiõeses, Maranhão, Nordeste do Brasil.



Fonte: Adaptado de Meireles et al. (2018).

Coleta e análise dos dados etnobotânicos

A coleta de dados foi realizada com doze (n=12) pescadores artesanais classificados como informantes-chave da pesquisa, selecionados a partir de um estudo desenvolvido anteriormente na mesma comunidade (Meireles et al. 2018). Deste modo, foram considerados informantes-chave aqueles que mais forneceram informações sobre o uso madeireiro do mangue. Posteriormente, aplicou-se a técnica de “turnê-guiada” (Bayley 1982), visando identificar as áreas de apresentavam sinais de extração. As turnês englobaram as áreas de mangue, adjacências e residências. Os pescadores indicaram os bosques próximos às residências como aqueles que apresentavam sinais de extração, fato determinante na escolha de um dos fragmentos de floresta a serem analisados: área antropizada.

Coleta e análise dos dados florísticos e fitossociológicos

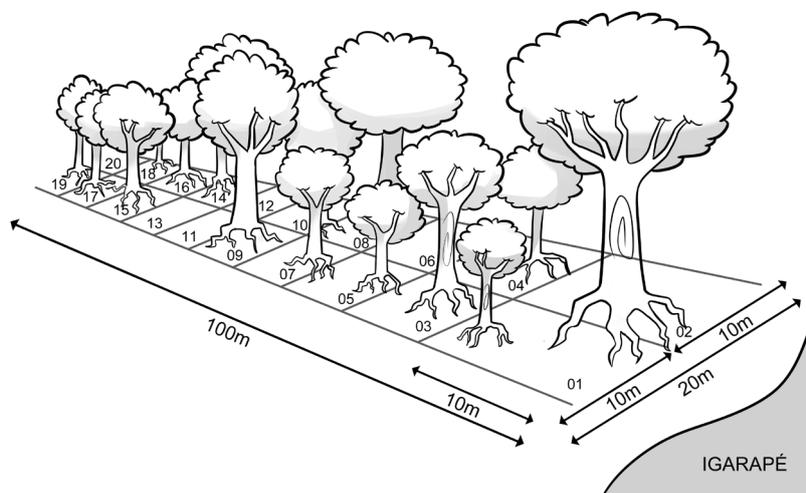
Os exemplares das espécies de mangue encontradas foram coletados seguindo os procedimentos usuais para os estudos da taxonomia vegetal (Mori et al. 1989). As coletas ocorreram no período de baixa-mar, seguindo o método adotado por Kilca et al. (2010), destinado às áreas que sofrem influência diária da maré. A identificação das espécies seguiu a proposta do *Angiosperm Phylogeny*

Group IV (APG 2016) e foi realizada com o auxílio de bibliografia especializada. Para o ajuste da nomenclatura científica, bem como, para a verificação das abreviações dos nomes dos autores, contou-se com o auxílio da base de dados do *Missouri Botanical Garden* (Mobot2015).

A resposta aos impactos ambientais foi determinada pela comparação das estruturas da vegetação de duas áreas com diferentes níveis da ação antrópica: I) Área 1/ Antropizada - localizada próxima à comunidade (2°45'19.30"S e 41°50'39.70"O), sofre impactos da exploração e pouca influência de inundações; II) Área 2/ Padrão - encontra-se mais afastada da comunidade (2°44'35.00"S e 41°50'16.70"O), sem sinais de exploração seletiva e fortemente influenciada pelos regimes de alagamento ocasionados pelas marés. Assim, o levantamento fitossociológico foi estabelecido sobre as duas tipologias de vegetação pelo método de parcelas múltiplas (Cintrón e Shaeffer-Novelli 1983; Bernini e Rezende 2004). Desse modo, cada sítio foi amostrado por uma parcela de 2000m², divididos em 20 subparcelas contíguas de 10m x 10m (Figura 2), conforme metodologia adotada em trabalhos que também abordaram bosques de mangue (Souza et al. 1996; Deus et al. 2003; Paraguassu e Silva 2007; Madi et al. 2016).

Destaca-se que, em cada área, uma parcela não apresentou indivíduos vivos, ocasionados por fatores distintos. Enquanto na Área 1 a parcela excluída apresentou apenas indivíduos mortos, na Área 2 a parcela suprimida exibiu uma superfície completamente alagada e ausência total de indivíduos. Deste modo, ambas não foram incluídas para análise estrutural.

Figura 2. Modelo ilustrativo da distribuição das parcelas nas Áreas Antropizada e Padrão na comunidade Canárias, Araisos, Maranhão.



No interior das parcelas, todos os indivíduos vivos tiveram os valores de Perímetro à Altura do Peito (PAP), mensurados com fita métrica. A altura dos indivíduos foi estimada por meio de comparações com instrumento de dimensões conhecidas (vara previamente mensurada). Para classificação dos estratos de vegetação das espécies arbóreas, foram seguidos os seguintes critérios: I) Estrato superior - indivíduos com PAP maior ou igual a 15cm, delimitados em parcelas de 10x10m; II) Subosque - indivíduos com menos de 15cm de PAP e altura superior a 1m, amostrados em subparcelas de 10x5m. Os perímetros dos indivíduos desse estrato são mensurados ao nível do solo.

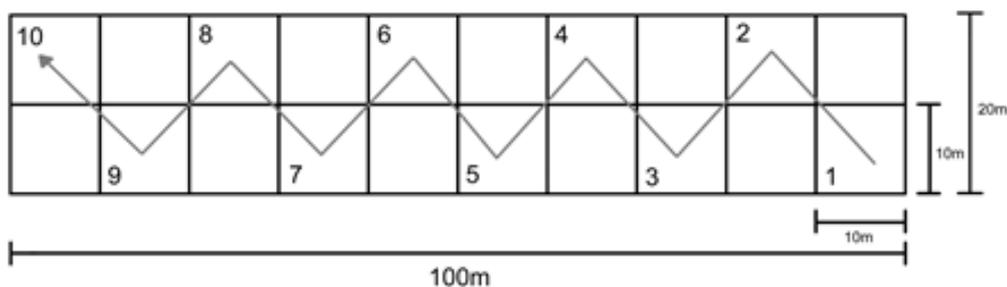
Os parâmetros fitossociológicos foram calculados e analisados usando o *software FITOPAC 2* (Shepherd 2009). Determinou-se os valores absolutos e relativos de densidade, dominância e frequência,

bem como de área basal e volume. A partir desses dados foram estimados os valores de importância (VI) e o de diversidade Shannon-Weaner (H') (Müeller-Domboise Ellenberg 1974; Matteucci Colma 1982). Para verificar se havia diferença significativa na densidade, área basal, volume, diâmetro e altura entre as duas áreas, foi utilizado o Teste de Mann-Whitney para amostras independentes, ao nível de significância de 5%, utilizando-se o *software* STATISTICA for Windows (Stasoft 2005). O estágio sucessional da vegetação foi avaliado por seu aspecto visual, considerando, para isso, o nível de ação antrópica. A regeneração foi determinada observando o banco de plântulas, verificado a partir de subparcelas de 2m^2 , estabelecidas no canto direito de cada parcela. Foi utilizado, também, o índice de similaridade de Sorensen (Müeller-Domboise Ellenberg 1974), para comparar a composição florística das áreas 1 e 2, considerando a presença e ausência das espécies.

Coleta e análise de nutrientes do solo

O solo é um elemento básico dos manguezais e representa, juntamente com a água, a maior estrutura física na composição desse ecossistema. Por esta razão, torna-se indispensável na observação do nível de degradação dessas áreas, visto que sobre ele a vegetação irá fixar-se e desenvolver-se de maneira adequada (Fernandes 2012). Deste modo, para verificar se a diferença na estrutura vegetacional poderia estar relacionada ao solo, foi analisado o sedimento de cada uma das áreas. Assim, foram coletadas duas amostras compostas, obtidas a partir da homogeneização de 10 amostras simples, realizadas em cada uma das áreas. Estas foram colhidas com o auxílio de um cavador, na camada 0-20cm de profundidade, seguindo distribuição em “Z” para uma melhor representatividade (Figura 3). Para a realização das análises físicas e químicas, o solo passou anteriormente por secagem à sombra em local ventilado, antes de se separar $\frac{1}{2}$ quilo para posterior ensacamento e envio para ao Laboratório da Análise de Solo da Universidade Federal do Piauí (LASO). Assim, foram seguidos os procedimentos de rotina sugeridos por Silva (2009).

Figura 3. Esquema com a distribuição das parcelas nas Áreas Antropizada e Padrão, enfatizando a metodologia de coletas de solo nas parcelas na comunidade Canárias, Araisos, Maranhão.



As análises químicas adotadas foram: pH em água, condutividade elétrica, extração com $\text{KCl } 1 \text{ mol}^{-1}$ para cálcio, magnésio e alumínio, extração com solução de Mehlich 1 para fósforo, potássio, sódio e nutrientes (Silva 2009). As classes texturais dos materiais constitutivos do solo foram determinadas de acordo com o sistema do United States Department of Agriculture (USDA 1951) baseada no triângulo textural (Lemos e Santos 1984).

Aspectos éticos da pesquisa

Inicialmente obteve-se autorização da colônia de pescadores Z-7, localizada na Ilha Grande de Santa Isabel, município do Piauí, onde estão cadastrados, por critério de proximidade, os pescadores artesanais da Comunidade Canárias, Maranhão. Posteriormente, submeteu-se o projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, com subsequente aprovação (Parecer N° 1.298.806). Para realização do estudo florístico e fitossociológico, que envolvia a coleta de exemplares no interior de uma Unidade de Conservação Federal, contou-se com o parecer prévio do Sistema de Autorização e Informação da Biodiversidade (SISBIO) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) N°46842-1.

Resultados e discussão

Composição florística

A flora foi composta por um total de 134 indivíduos, pertencentes a três famílias botânicas e três espécies (Tabela 1), distribuídos nas duas áreas amostradas (Área Antropizada e Área Padrão). Cada família apresentou apenas uma espécie, porém, Rhizophoraceae destacou-se por sua maior importância (VI= 207,53). Cabe destacar que, embora não tenha sido registrada dentro das parcelas, a espécie *Conocarpus erectus* L., pertencente à família Combretaceae, também compõe os bosques de mangue da região, sendo esta observada durante caminhadas aleatórias em áreas adjacentes às parcelas.

Tabela 1. Espécies lenhosas amostradas nos bosques de mangue da Ilha das Canárias, Delta do Parnaíba, Nordeste do Brasil. Convenção: n= valores absolutos.

Família/ Espécie	Nome vulgar	Área Antropizada		Área Padrão	
		(n)	%	(n)	%
Acanthaceae					
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	Mangue-siriúba	49	74,24	-	-
Combretaceae					
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	Mangue-manso	1	1,52	-	-
Rhizophoraceae					
<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangue-vermelho	16	24,24	68	100
Total		66	100	68	100

De um modo geral, as espécies da floresta de mangue da Ilha das Canárias são semelhantes às aquelas encontradas em outros trabalhos realizados em mangues no país (Souza et al. 1996; Deus et al. 2003; Berninie Rezende 2004; Costa et al. 2007; Bernini et al. 2010; Madi et al.2016).

Estrutura da vegetação e fatores condicionantes

Considerando as duas áreas analisadas, foram encontradas diferenças florísticas, estruturais, edáficas, na regeneração e no nível de antropização. Segundo a classificação fisiográfica de florestas de mangue adotada por Cintrón et al. (1985), os mangues das áreas Padrão e Antropizado foram caracterizados como sendo do tipo bacia e ribeirão, respectivamente. Porém, se levados em consideração os padrões de distribuição adotado por Duke (1992), corresponderia às zonas de estuário superior e inferior, respectivamente.

O mangue considerado antropizado contou com um total de 66 indivíduos, tendo dominância de *A. germinans*, com 74,25% de prevalência, com 49 árvores mensuradas. Isso garante a esta área um *status* de monodominante (Nascimento et al. 2015). Esta foi seguida por *R. mangle* (24,24%; n=16) e *L. racemosa* (1,51%), com apenas um indivíduo cada.

Na área considerada padrão foram registrados 68 indivíduos de *R. mangle*, o que lhe conferiu caráter monoespecífico. Áreas de mangue monoespecífico também foram observadas por Soares (1999) e Berninie Rezende (2004). No Brasil, áreas monodominantes e monoespecíficas ocorrem em ambientes estressantes, como áreas alagáveis, manguezais, solos plínticos¹ e de relação Ca/Mg invertida (Nascimento et al. 2015). Embora tenha sido registrada mais de uma espécie na área antropizada, esta demonstrou uma baixa diversidade ($H' = 0,628$). As duas áreas não apresentaram similaridade florística ($S_s = 0,5$).

Sobre o processo de regeneração, o banco de plântulas é completamente formado por *R. mangle* na área padrão (n=18), colaborando para sua prevalência monoespecífica. Segundo Nascimento et al. (2015), é possível supor que com o aumento na dominância de uma espécie, menos espaço e recursos ficam disponíveis para as demais. Na área antropizada, de 13 plântulas encontradas apenas uma foi de *A. germinans* (7,7%), sendo as demais de *R. mangle* (92,30%). O fato pode levar, no futuro, a uma possível mudança na estrutura da vegetação deste sítio.

A partir da análise fitossociológica, as espécies arbóreas, de ambas as áreas, foram enquadradas em um único estrato de vegetação, o superior (PAP > 15cm), com PAP a partir de 23cm na área antropizada e 17cm na área considerada padrão. O diâmetro máximo (67,05cm) foi apresentado por um indivíduo da espécie *R. mangle*, semelhante ao registrado por Deus et al. (2003), ao pesquisar bosques de mangue no Delta do Rio Parnaíba. De um modo geral, o manguezal da Ilha das Canárias apresenta um bom desenvolvimento estrutural, considerando florestas de mangue da região (Deus et al. 2003), com altura variando entre 4,50m e 35,00m e média de 17,05m. O DAP médio foi de 29,427cm, a área basal apresentou média de 11,253m².ha⁻¹.

De acordo com os sítios analisados, houve forte heterogeneidade no que tange aos parâmetros estruturais, considerando principalmente a análise feita a partir dos números encontrados para área basal, volume, DAP e altura. Os valores totais de densidade das duas áreas também podem ser observados na Tabela 2.

¹ Solos Plínticos: São aqueles ricos em plintita (corpo distinto de material rico em óxido de ferro).

Tabela 2. Densidade absoluta total (DT, ind.ha⁻¹); área basal total (AB, m².ha⁻¹); diâmetro médio e máximo (dmed e dmax, em cm); volume absoluto total (V), e alturas média e máxima (hmed e hmax, em m), em duas áreas de bosques de mangue na comunidade Canárias, Araiões, Maranhão.

Área	DT	AB	V	Dmed	Dmax	Hmed	hmax
01	347,368a	4,107a	65,792a	25,775a	58,569a	12,947a	32,000a
	p=0,859784	p= 0,010427	p=0,0012	p= 0,11395	p=0,040243	p= 0,000688	p= 0,000005
02	57,895a	7,176b	171,843b	32,971b	67,049b	21,044b	35,000b

Médias, nas colunas, seguidas por letras iguais, não diferem pelo Teste U (Mann-Whitney) ao nível de 5% de confiança.

Avaliando as duas áreas, encontram-se diferenças significativas na estrutura da vegetação local, com exceção da densidade absoluta total (Tabela 2). Os valores de Área basal detectados para o mangue padrão representaram quase que o dobro do encontrado para a área antropizada, porém inferior ao encontrado em outros bosques preservados no Delta do Parnaíba (Deus et al. 2003), o que se repete para densidade.

No bosque monoespecífico de *R. mangle*, com DAP entre 8,5 e 67,05 cm e altura entre 8,5 e 30,5m, há predomínio de indivíduos com mais de 20,0cm de diâmetro (78,95%). Já o bosque monodominante de *A. germinans*, apresenta DAP médio entre 7,32 e 58,57cm e altura média entre 9,13 e 25,33m, com a prevalência de indivíduos com diâmetro superior a 20cm (76,32%).

Os valores de VI evidenciaram as espécies de maior importância dentro da área antropizada, bem como na comunidade como um todo. Assim sendo, *R. mangle* se mostrou como sendo a espécie mais importante considerando o conjunto formado pelas áreas de mangue observadas na Reserva Extrativista Marinha Delta do Parnaíba (Tabela 3), estando presente, em 71,05% das parcelas, seguida de *A. germinans* com 34,21%. A predominância das espécies *R. mangle* e *A. germinans* também foi observada por Vijayan et al. (2015) nas florestas de mangue da costa sudoeste de Kerala, na Índia.

Se considerado o VI por área, *A. germinans* destaca-se como espécie mais importante no sítio antropizado. Madiet al. (2016) também apontaram a relevância de espécies diferentes em cada sítio analisado como resultado da heterogeneidade estrutural existente entre eles.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos das espécies *Avicennia germinans* (L.) L. (A.g.), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (L.r.) e *Rhizophora mangle* L. (R.m.), observados em dois bosques de mangue com diferentes níveis de antropização na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araiões, Maranhão.

Área	Sp.	In	DA	FA	DoAe	ABA	VA	DRe	FRe	DoRe	VI
1	R.m.	16	84,2	42,11	9,14		188,8	24,24	36,36	42,27	102,88
	L.r.	1	5,3	5,26	0,56	4,107	10,15	1,52	4,55	2,61	8,67
	A.g.	49	257,9	68,42	11,91		147,27	74,24	59,09	55,12	188,45
2	R.m.	68	357,9	100,0	37,77	7,176	904,4	100,0	100,0	100,0	300,00

Sp. = espécie, In = número de indivíduos, DA = densidade absoluta por espécie (ind.ha⁻¹), FA = frequência absoluta por espécie, DoAe = dominância absoluta por espécie, ABA = área basal absoluta (m².ha⁻¹), VA = volume absoluto, DRe= densidade relativa por espécie (%), FRe = frequência relativa por espécie (%), DoRe = dominância relativa por espécie (%) e VI = valor de importância.

De um modo geral, os maiores valores para os índices fitossociológicos foram apresentados por *R. mangle* (Tabela 3), assim como o encontrado por Santos et al. (2012). Esta espécie, dominante em área basal, apresenta menor desenvolvimento se comparada a áreas de mangue já descritas na região (Deus et al. 2003). A altura média foi significativamente mais elevada na área padrão. As maiores alturas médias e máximas foram encontradas nas parcelas 6 e 7 para as áreas padrão (média:30,05m; máxima: 35,0m) e antropizada (média:25,33m; máxima: 32,0m), respectivamente. No mangue monoespecífico de *R. mangle*, as maiores alturas média e máxima individuais foram de 21,04m e 35m, respectivamente. A espécie também se destacou quanto às maiores alturas médias e máximas na área antropizada (média:19,13m; máxima: 32,0m), enquanto os indivíduos mais altos de *A. germinans* e *L. racemosa* tiveram, respectivamente, alturas máximas de 17 e 18m. De modo contrário, Berninie Rezende (2004), ao estudarmos manguezais do estuário do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, registraram *A. germinans* como a espécie de maior altura (19,5m), considerando a floresta de melhor desenvolvimento estrutural analisada, enquanto *R. mangle* e *L. racemosa* apresentaram seus indivíduos mais altos com 13,5 e 13,0m, respectivamente, dentro da mesma área.

A área padrão é constituída por indivíduos de maior porte (Tabela 4), com altura máxima de 35m e média de 21,04m, sendo maior que o registrado por Deus et al. (2003) em áreas de mangue preservado, também situados na APA do Delta do Parnaíba, com alturas máximas que variaram de 12 a 28 m e média de 11,2m, e dos valores encontrados por Costa e Cavalcanti (2010) ao longo da planície deltáica do rio Parnaíba, em que foram registradas árvores de até 20m. Altura também superior a outros registros em áreas de mangue no Norte e Nordeste do país (Braga 1976; Medeiros1996; Seixas et al. 2006; Sales et al. 2009; Costa et al. 2014). Mangues com alturas elevadas também foram registrados em florestas preservadas da Indonésia, com altura máxima de 60m e média de 34,45m para espécies do gênero *Rhizophora* (Analuddin et al. 2013).

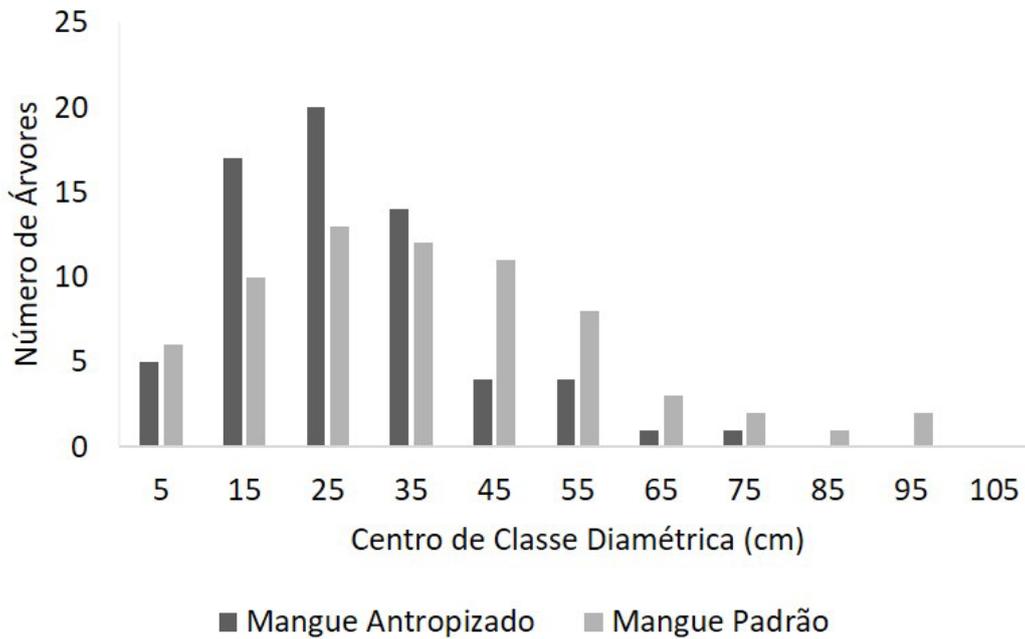
Tabela 4. Distribuição do número de indivíduos por espécies em classes de altura, a intervalo fixo de 5m, em duas áreas de bosques de mangue na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araisos, Maranhão.

Área	Sp.	00,00-04,99	05,00-09,99	10,00-14,99	15,00-19,99	20,00-24,99	25,00-29,99	30,00-34,99	35,00-39,99
01	R.m.		1	3	4	6	1	1	
	L.r.				1				
	A.g.	3	11	27	8				
02	R.m.		6	8	5	26	22		1

(Sp. = espécie; L.r. = *Laguncularia racemosa*(L.) C.F. Gaertn.; A.g. = *Avicennia germinans*(L.) L.; R.m. = *Rhizophora mangle* L.).

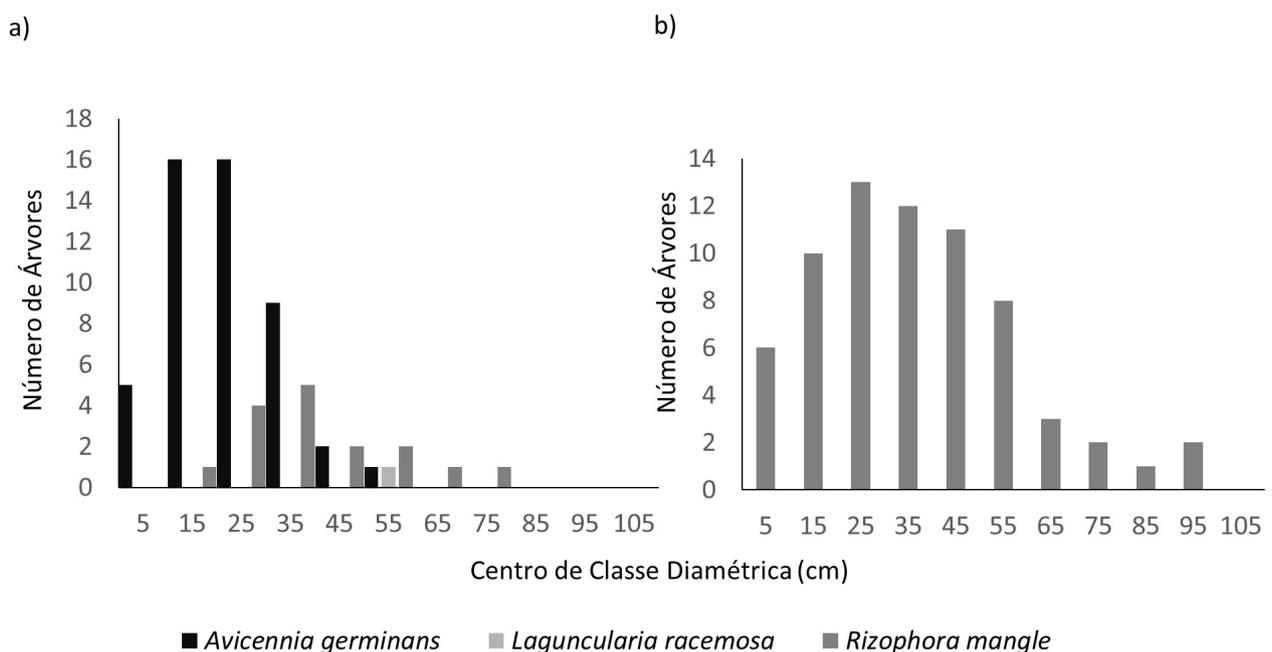
Foi estabelecida a relação entre o número de indivíduos e os centros de classes diamétricas (Figura 4). Assim, a área antropizada concentrou o maior número de indivíduos (n=51) nas classes com DAP abaixo de 35cm e não apresentou indivíduos nas classes maiores que 75cm. A área de mangue padrão teve participação em todas as classes apresentadas, sendo mais expressiva nas classes de 25 a 45cm (n=36) e tendo participação exclusiva nas classes de DAP de 85 (n=1) e 95cm (n=2).

Figura 4. Distribuição diamétrica das espécies arbóreas em duas áreas de bosques de mangue na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araióses, Maranhão.



Conforme observado, o bosque de mangue da ilha das Canárias segue distribuição característica de uma floresta inequiana, tendendo a um formato de J-invertido, características também apresentadas por outras florestas tropicais como Floresta Amazônica e Mata Atlântica (Soares et al.2011). Ainda segundo os autores citados anteriormente, distintas configurações na distribuição diamétrica como apresentadas por cada área analisada (Figura 5), podem ser explicadas pelas diferenças no estágio de desenvolvimento das mesmas.

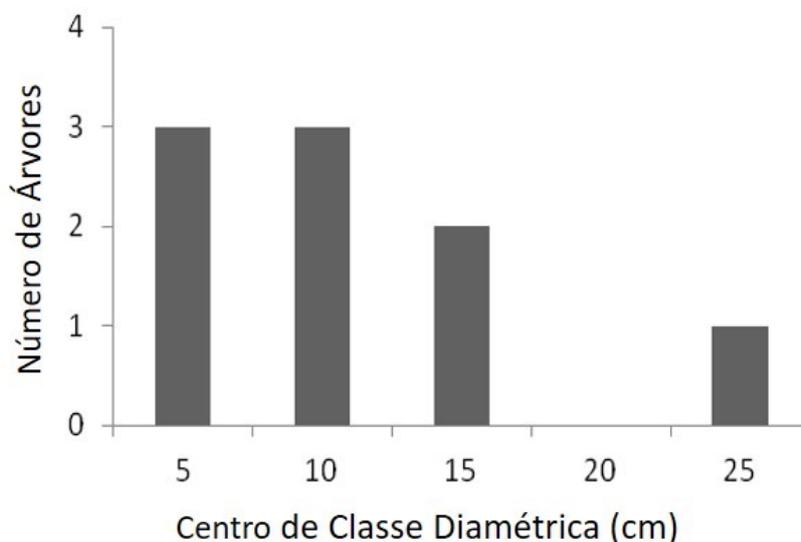
Figura 5. Distribuição diamétrica das espécies arbóreas nas áreas antropizada (a) e padrão (b) estabelecidas em duas áreas de bosques de mangue na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araióses, Maranhão.



Assim, enquanto o mangue antropizado apresentou uma floresta nitidamente perturbada, com histórico de extração, o mangue na área padrão mostrou-se em estágio maduro de desenvolvimento, com alto porte, maiores diâmetros e área basal. Deste modo, a área mais conservada também pode ser caracterizada, segundo a classificação adotada por Kilcaet al. (2010), como sendo formada por um mangue em estágio sucessional mais avançado. Para Cintrón e Schaeffer-Novelli (1985), o desenvolvimento estrutural atingido por um bosque de mangue é consequência do grau de periodicidade das energias subsidiárias, bem como da natureza e intensidade dos tensores antrópicos ou naturais vigentes.

Destaca-se que os manguezais são Áreas de Proteção Permanente, o que torna a extração de mangue uma atividade irregular. De modo contrário a essa determinação, na área antropizada foram encontrados sinais de extração da madeira da espécie *A. germinans* durante a realização das turnês guiadas. Os espécimes extraídos encontram-se mais concentrados nas classes de centro diamétrico 5 e 15 cm (Figura 6). Lugo (1980) salienta que as tensões humanas sobrepostas às tensões naturais reduzem ainda mais a complexidade estrutural da floresta de mangue, diminuindo a altura das árvores e reduzindo seu crescimento.

Figura 6. Distribuição diamétrica dos troncos de *Avicencia germinans* (L.) L. extraídos de trechos antropizados em bosques de mangue na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araisos, Maranhão.



Apesar dos sinais de corte na área antropizada terem sido encontrados apenas para *A. germinans*, há relatos de que os indivíduos da espécie *R. mangle*, que atendiam aos padrões de uso, foram retirados do local há vários anos, já sem vestígios de retirada. Os indivíduos de *R. mangle* encontradas no local são aqueles que não atendem aos critérios madeireiros, ou seja, são árvores de aspecto tortuoso ou de altura insuficiente, sendo assim rejeitadas, principalmente se considerado o uso para a construção. Destaca-se ainda que, em residências da comunidade e em áreas adjacentes, foram observados madeira de mangue presente na estrutura das casas e/ou dispostos em pequenos estoques.

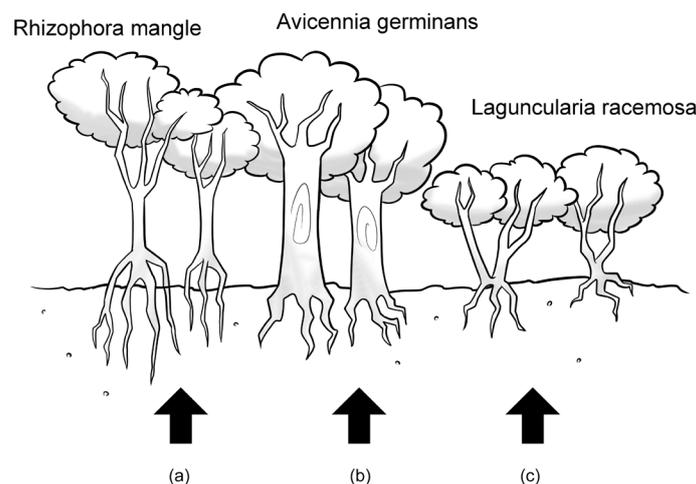
Não foram registrados locais de prática de carvoaria no interior das parcelas, embora estes tenham sido observados durante caminhadas aleatórias feitas às margens da floresta de mangue. Tais vestígios foram encontrados mais distantes da comunidade, o que pode representar uma tentativa de mascarar a atividade, considerada irregular dentro da Resex.

Apesar de não haver grande diferença entre o número total de indivíduos registrados em cada uma das áreas, a proporção revelou uma redução da densidade de *R. mangle* no ambiente antropizado ($84,2 \text{ ind.ha}^{-1}$) se comparado a área padrão ($357,9 \text{ ind.ha}^{-1}$), o que pode estar ligado à maior ou menor grau de suscetibilidade ao sistema de inundação apresentado pelas duas áreas. Diferenças estruturais com relação ao nível de inundação também foram constatadas em estudos semelhantes desenvolvidos por Fernandes (2012) e Santos et al. (2012).

A declividade do terreno, juntamente com a amplitude da maré, pode gerar gradientes de frequência e profundidade de inundação, as quais por sua vez podem estabelecer padrões de zonação das espécies de mangue (Citrón e Schaeffer-Novelli 1983, Soares et al. 2008; Oliveira e Tognella 2014). Assim, a monoespecificidade de *R. mangle* na área padrão pode estar condicionada ao nível de inundação, tal como o relatado por Londe et al. (2013), em áreas de mangue na costa do Espírito Santo.

Na Indonésia, Analuddin et al. (2013) descreveram que a maior suscetibilidade à ação das marés é responsável pela dominância de espécies do gênero *Rhizophora*. Fernandes (2012) destaca que *R. mangle* é comumente encontrada em áreas mais próximas ao leito do estuário, sujeita à inundação durante a maior parte do tempo. Santos et al. (2012) destacam a dominância de *R. mangle* em bosques com alta intensidade de inundação. Assim, apesar da área antropizada também sofrer influência das marés, a área padrão, devido à sua localização em relação ao corpo d'água, está muito mais sujeita à ação da mesma. Segundo Rodrigues (2013), a composição de espécies no manguezal é extremadamente modificada em função do número de horas/dia que ficam submersos. Enfim, a distribuição de espécies de mangue pode diferir segundo as condições ambientais existentes (Bernini e Rezende 2010; Madiet al. 2016). Dentro desse contexto, é possível identificar, na ilha das Canárias, um padrão de distribuição ao longo de um gradiente de inundação, representado ilustrativamente na Figura 7.

Figura 7. Distribuição das espécies de mangue ao longo do gradiente de inundação na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araisos, Maranhão. (a) ponto atingido pela maré baixa; (b) ponto atingido pela maré alta; (c) ponto atingido pela maré de equinócio.



Com relação à classe textural para materiais constitutivos do solo (Tabela 5), a área antropizada apresentou solo do tipo franco arenoso, enquanto a área padrão recebeu a classificação de franco-

argilo-arenoso. A quantidade de argila é o fator determinante nas diferenças texturais, em vista que esta compõe, juntamente com a matéria orgânica, a porção mais fina do solo, também conhecidas como de natureza coloidal. As partículas coloidais apresentam grande capacidade de retenção de cátions, água e fósforo (Raij 1991). Os solos argilosos possuem superfície de contato entre partícula e água 10.000 vezes superior que os solos arenosos, o que lhe permite, além de uma maior retenção de água, a capacidade de gerar agregados, que por sua vez podem levar a mudanças drásticas nas características físicas do solo (Rodrigues 2013).

Tabela 5. Variação textural para materiais constitutivos do solo em duas áreas de bosques de mangue na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araisoes, Maranhão.

Local	Profundidade (cm)	Análise granulométrica (%)			
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
1	0-20	37	33	12	18
2	0-20	32	44	2	22

De acordo com Schaefer et al. (2015), muitas vezes o tipo de solo tem influência que vai além da fisionomia e composição da comunidade, determinando o crescimento de indivíduos e da biomassa produzida pela floresta. Para Townsend et al. (2010), os biomas possuem gradiente de condições físicas e químicas ligadas à topografia e geologia locais, podendo exibir comunidades de plantas e/ou animais desiguais em diferentes porções de um mosaico dessemelhante. Corroborando com esta ideia, está o conceito de climaxes locais ou edáficos, representados por estados de constantes mudanças e equilíbrio com condições locais restritas de substrato, excluindo, deste modo, a concepção conveniente, porém meramente teórica, da existência de um único clímax regional ou climático em equilíbrio com o clima geral (Odum 2012).

No que concerne ao solo, os sítios analisados apresentaram pequenas diferenças entre os valores das variáveis constituintes (Tabela 6).

Tabela 6 -Valores percentuais dos teores de nutrientes nos solos de duas áreas de bosques de mangue na Resex Marinha Delta do Parnaíba, Araisoes, Maranhão. Prof.=Profundidade.

Local	Prof. (cm)	pH		mg/dm ³				Cmol(c)/dm ³		
		H ₂ O	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	
01	0-20	5,6	3	9,2	35	2,81	1,14	0,08	1,85	
02	0-20	5,4	3,1	8,6	23	2,52	1,45	0,14	1,59	

A paisagem neotropical brasileira é dominada por ecossistemas quimicamente muito pobres, o que explica os baixos valores encontrados para P e K nas duas áreas analisadas, como caracterizam Schaeffer et al. (2015). Os autores apontam que em tais ambientes são determinantes os aspectos físicos (profundidade, textura, drenagem) e químicos do solo (CTC, teores de P, Al trocável).

Os solos sob a floresta monoespecífica de *R. mangle* apresentam-se mal drenados, de acidez média, porém, com menores teores de H + Al que a área antropizada (Tabela 6). Salienta-se que o

alumínio disponível (H + Al) nas concentrações a partir de 0,5-1 pode acarretar efeitos tóxicos, com a diminuição na absorção de P, alteração nas taxas dos valores de P, K, Ca e Mg, perda de elasticidade do tecido meristemático da raiz, afetando conseqüentemente a produção de biomassa (Malavolta, 1980). O metal pode apresentar-se como importante fator na seleção relacionado à resistência das espécies. Assim, pode ser considerado um possível fator limitante para o desenvolvimento da *R. mangle* na área antropizada. Cabe lembrar que a extração não representa a única forma de agressão a estes ambientes. Jimenez e Lugo (1985) destacam que as ações humanas podem inclinar o equilíbrio desses ecossistemas em direção a taxas de mortalidade, ultrapassando os limites naturais, por intermédio da introdução de estressores crônicos que inibem os mecanismos de regeneração. Assim, ressalta-se que os fatores bióticos não se mostram os principais causadores de mortalidade maciça em manguezais e sim as modificações no ambiente físico que tornam as florestas enfraquecidas e suscetíveis.

No que tange à condutividade elétrica, os dois ambientes foram classificados como Sálidos (>7dS/m), porém, o valor de sódio foi maior na área antropizada (35dS/m), o que poderia explicar a menor presença de *R. mangle*, já que a espécie é menos resistente as altas concentrações do mesmo. Sobre este aspecto, Malavolta (1980) aponta a existência de uma grande variação na tolerância à salinidade entre gêneros, espécies e até mesmo dentro de espécies. Assim, acredita-se em uma zonação da vegetação de mangue também associado à salinidade, tal como o exposto por alguns autores (Soares et al. 2008; Ferreira et al. 2010; Costa et al. 2014; Oliveira e Tognella 2014). Muitos fatores podem gerar limitações ecológicas quando em concentrações extremas, seja no excesso ou restrição. Isto é particularmente evidente com a concentração de sal no solo, elemento que pode restringir a distribuição de espécies (Thomlinson 1986; Almeida et al. 2014). Níveis salinos elevados exercem influência sobre o crescimento e a dinâmica das plantas típicas do mangue (Krauss e Allen 2003; Pascoalini et al. 2014). Aparentemente, no presente estudo, a salinidade não restringiu a ocorrência de espécies no local, uma vez que *R. mangle* também foi encontrada na área antropizada, embora possa ter influenciado sua abundância e porte. A distribuição de espécies dos gêneros *Rhizophora* e *Avicennia* em relação ao nível de tolerância à salinidade também foi observado por Fernandes e Peria (1995), Silva et al. (2013) e Costa et al. (2014).

Schaefer et al. (2015) frisam que os extratores utilizados para análise de fertilidade em sistemas agrícolas podem não ser sensíveis ao ponto de detectar os mecanismos adaptativos de plantas em comunidades nativas, voltados a uma eficiente ciclagem, que maximiza os usos de energia e recursos. Ressalta-se ainda, que cada uma das inúmeras espécies de plantas nativas existentes, respondem às variações nutricionais de modo específico (Rodrigues 2013).

Assim, pequenas diferenças podem ser determinantes no estabelecimento de espécies nesse tipo de floresta. Dentro desta ótica, *A. germinans* foi dominante na área antropizada, uma vez que apresenta maior capacidade de suportar maiores concentrações de salinidade no sedimento (Thom 1967; Rabinowitz 1978; Souza e Sampaio 2001; Deus et al. 2003; Fernandes 2012). A espécie *L. racemosa*, que contribuiu apenas com um indivíduo na área antropizada, possui tolerância intermediária entre *R. mangle* e *A. germinans* (Cítron e Schaeffer-Novelli 1983). A diferença no nível de inundação também pode interferir nas concentrações de Na no sedimento entre as duas áreas. Deus et al. (2003) relacionaram a dominância da *A. germinans*, em uma área degradada pela construção de salinas, à sua capacidade adaptativa ao ambiente fortemente salino durante o processo de recolonização.

Conclusão

As diferenças estruturais entre os dois bosques de mangue analisados, em área considerada padrão e área antropizada, não são influenciadas por apenas um, mas por um conjunto de fatores. Alguns aspectos como sistema de inundação e condições edáficas possuem nítida interferência na distribuição da flora. Porém, a ação antrópica é um elemento que não pode ser descartado como colaborador na diferença estrutural entre elas e que pôde ser apreendido nos sinais de corte sobre as espécies arbóreas. Assim, sabe-se da existência de uso madeireiro do manguezal na região, sendo as espécies *A. germinans* e *R. mangle* os principais alvos dessa coleta, onde o corte da primeira é percebido próximo à comunidade Canárias e a segunda tem sua extração realizada em locais mais distantes, embora a madeira coletada possa ser facilmente observada compondo a estrutura de moradias e nos estoques mantidos pelos moradores dentro da comunidade. Em suma, sabe-se da ocorrência de extrações, porém, devido à dinâmica deste tipo de ambiente e da forte influência dos fatores abióticos existentes nele, não se pode afirmar que esse uso esteja ocorrendo de modo insustentável. Desta maneira, sugere-se uma posterior abordagem etnoecológica a fim de se determinar as zonas de extração de possíveis pressões de uso sofridas por estas espécies.

Participação dos autores: VJSM – Planejamento da pesquisa, coleta de dados, escrita e formatação; MPAM – Planejamento da pesquisa, escrita, coleta de dados florísticos e de amostras solo; JLR – identificação, análise de dados e revisão; RFMB – Planejamento, coleta e análise de dados etnobotânicos e revisão; JBC – Planejamento, coleta, análise de dados fitossociológicos e revisão.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: As permissões foram fornecidas por todos os participantes desse estudo. O consentimento obtido antes das investigações de campo. Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella (número de referência 5214), cadastrado com o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 44080014.6.0000.5214 e aprovação sob o Parecer Nº 1.298.806. Por se tratar de estudo em Unidade de Conservação (UC) Federal e considerando a necessidade da coleta de exemplares para identificação das espécies, o projeto também foi submetido ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, e a autorizado/aprovado sob o número 46842-1.

Disponibilidade dos dados: Não estão disponíveis em nenhuma base de dados.

Fomento: não houve financiamento.

Conflito de Interesses: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Almeida VC, Coelho Junior C, Feitosa F, Pastor D, Monte G. 2014. Caracterização estrutural do manguezal do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil. *Tropical Oceanography* 42(1): 33-47. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v42i1.5784>
- Analuddin K, Raya RJ, Septiana A, Rahim S. 2013. The Spatial Trends in the Structural Characteristics of Mangrove Forest at the Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia. *International Research Journal of Plant Science* 4 (8): 214-221.
- Andrade IM, Silva MFS, Mayo SJ, Silva AG, Silva APM, Braz GS, Nascimento HC, Melo LMB, Costa MCA, Nascimento MGP, Reis RB, Santos RL. 2012. Diversidade de fanerógamas do Delta do Parnaíba – litoral piauiense. In: Guzzi A (Org.). 2012. Biodiversidade do Delta do Parnaíba: litoral piauiense. Parnaíba: EDUFPI, 466p.

- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1- 20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Bandeira ICN (Org.). 2013. Geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 294p.
- Bayley KD. 1982. *Methods of social research*. New York, EUA.
- Bernini E, Carvalho RS, Liguori BTP, Passareli LS, Machado PN, Rezende CE. 2010. Aspectos estruturais do manguezal do estuário do rio Itabapoana, ES-RJ. In: Congresso brasileiro de Oceanografia.
- Bernini E, Rezende CE. 2004. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 18(3):491-502. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000300009>
- Bernini E, Rezende CE. 2010. Variação estrutural em florestas de mangue do estuário do rio Itabapoana, ES-RJ. *Biotemas* 23(1): 49-60.
- Braga R. 1976. *Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará*. Natal: Universitária/UFRN.
- Brasil, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza – SNUC: 3. ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2003.52p.
- _____. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Proteção da Vegetação Nativa. Disponível em: <http://www.botuvera.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/lei-12651-2012-codigo-florestal.pdf>
- Cabral AL, Sassi R, Costa CF. 2006. A pesca de subsistência no estuário do Rio Timbó, estado de Pernambuco, Brasil. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE* 14 (1): 111-140.
- Cavalcanti APB. 2011. Dinâmica da paisagem: uma análise integrada da planície fluvio-marinha – Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Rio Parnaíba, Piauí/Maranhão – BRASIL. In: Silva E V; Rodriguez JMM; Meireles AJA (Org). *Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas*. Fortaleza: UFC.
- Cintrón, G.; Lugo, A.E.; Martinez, R. 1985. Structural and functional properties of mangrove forests, 53-66. In: D'Arcy WG, Correa MDA (eds.) *The botany and natural history of Panama*. Saint Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden.
- Cintrón G, Schaeffer-Novelli Y. 1983. *Introducción a la ecología Del manglar*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología da la Unesco para América Latina y el Caribe – ROSTLAC. Montevideo-Uruguay, 109 p.
- Cintrón G.; Schaeffer-Novelli Y. 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur América. *Ciência Interamericana* 25(1-4): 4-15.
- Clough BF. 1992. Primary Productivity and Growth of Mangrove Forest. In: Robertson AI, Alongi DM (eds). *Tropical mangrove ecosystems*. Coastal and estuarine series. American Geophysical Union, Washington, USA. p. 63-100. DOI: <https://doi.org/10.1029/ce041p0225>
- Costa DFS, Rocha RM, Cestaro LA. 2014. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. *Mercator* 13(1):119-126. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2014.1301.0009>
- Costa DFS, Silva AF, Lucena-Filho MA, Rocha RM. 2007. Análise da ação antrópica sobre uma faixa de mangue no estuário do rio Apodi/Mossoró (RN). In: *Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil*.
- Costa FWD. 2019. Aspectos geográficos e a gestão de ambientes costeiros: um enfoque na Resex do Delta do Parnaíba. *REGNE*, 5(Especial): 1-16. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/18406>. Acesso em: mai 2018. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n0ID18406>
- Costa JLPO, Cavalcanti APB. 2010. Fitogeografia da planície deltaica do rio Parnaíba, Piauí/Maranhão – Brasil: análise da distribuição das espécies e interferência antrópica. *Revista Eletrônica de Geografia* 2(4): 84-92.

- Deus MSM, Sampaio EVSB, Rodrigues SMCBS, Andrade VC. 2003. Estrutura da vegetação lenhosa de três áreas de manguezal do Piauí com diferentes históricos de antropização. *Brasil Florestal* 78: 53-60.
- Diniz C, Cortinhas L, Nerino G, Rodrigues J, Sadeck L, Adami M, Souza-Filho PWM. 2019. Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote sensing* 11(808): 1-1. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11070808>
- Duke NC. 1992. Mangrove floristics and biogeography. In: Robertson AI, Alongi DM (eds). *Tropical mangrove ecosystems*. Coastal and estuarine series. American Geophysical Union 41:63-100.
- El-Robrini M, Marques VJ, Silva MAMA, El-Robrini MHS, Feitosa AC, Tarouco JEF, Santos JHS, Viana JR. 2006. Maranhão: erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ma_erosao.pdf. Acesso em: jan 2018.
- Feller IC, Lovelock CE, Berger U, McKee KL, Joye SB, Ball MC. 2010. Biocomplexity in Mangrove Ecosystems. *Annual Review of Marine Science* 2:395-417. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163809>
- Fernandes AJ, Peria LCS. 1995. Características do ambiente. In: Schaeffer N (Ed.). *Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean ecological research, São Paulo. p.13-15.
- Fernandes RTV. 2012. Recuperação de Manguezais. Rio de Janeiro: Interciência, 78p.
- Ferreira TO, Otero XL, De Souza VS, Vidal-Torrado P, Macias F, Firme LP. 2010. Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (So Paulo). *Journal of Soils and Sediments* 10: 995-1006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0224-4>
- Giri C. 2016. Observation and Monitoring of Mangrove Forests Using Remote Sensing: Opportunities and Challenges. *Remote Sens* 8(783): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8090783>
- Jimenez JA, Lugo AE. 1985. Tree Mortality in Mangrove Forests. *Biotropica* 17(3): 177-185. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388214>
- Kilca RV, Costa MP, Zanini RR, Carvalho FA, Costa AF. 2010. Estrutura de manguezais em diferentes estágios sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe-Brasil. *Pesquisas Botânicas* 61: 171-189.
- Köppen W, Geiger R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm.
- Krauss KW, Allen JA. 2003. Influence of salinity and shade on seedling photosynthesis and growth of two mangrove species, *Rhizophora mangle* and *Bruguiera sexangula*, introduced to Hawaii, *Aquatic Botany* 77: 311-324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2003.08.004>
- Lemos RC, Santos RD. 1984. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2nd ed., Campinas: EMBRAPA/SNLCS.83p.
- Lima ILP, Scariot A, Medeiros MB, Sevilha AC. 2012. Diversidade de uso de plantas do Cerrado em Comunidade de Geraizeiros no norte do estado de Minas Gerais, Brasil. *Acta Brasilica* 26(3): 675-684.
- Londe V, Salles DM, Leire MGP, Antonini Y. 2013. Estrutura da vegetação de mangue associada ao gradiente de inundação no litoral norte do espírito Santo, Brasil. *Revista Árvore* 37(4): 629-637.
- López-Angarita J, Roberts CM, Tilley A, Hawkins, JP, Cooke RG. 2016. Mangroves and people: lessons from a history of use and abuse in four Latin American countries. *Forest Ecology and Management* 368:151-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.020>
- Lugo AE. 1980. Mangrove ecosystems: successional or steady state? *Biotropica* 12(2): 65-72. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388158>
- Madi APLM, Boeger MRT, Larcher L, Pelozo A, Sereneski C, Reissmann CB; Padial AA. 2016. Estrutura do componente de regeneração natural e arbóreo de dois manguezais no Estado do Paraná. *Ciência Florestal* 26(1):159-170. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821100>

- Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 251 p.
- Mantovani W. 2002. Manguezal e restinga: difícil conservação. In: Araújo et al. (Org.). Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: UFRPE, 262p.
- Matteucci SD, Colma A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetacion. Washington: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos - Programa Regional de desarrollo Científico y Tecnológico, 163 p.
- Meireles MPA, Meireles VJS, Vieira LS, Barros RFM. 2017. Características da pesca artesanal realizada na comunidade Passarinho/Ilha das Canárias/MA. *Gaia Scientia* 11(3): 12-26. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n3.34923>
- Meireles VJS, Meireles MPA, Vieira FJ, Campos, JB, Barros, RFM. 2018. Conhecimento botânico tradicional e conservação de espécies na RESEX Delta do Parnaíba, Nordeste do Brasil. *Revista Espacios* 39(45): 1-18.
- Medeiros TC. 1996. Produtividade e biomassa das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Paripe, em Vila Velha, Itamaracá - PE. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Mobot. 2015. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <[http:// www.tropicos.org](http://www.tropicos.org)>. Acesso em: dez 2018.
- Mondal B, Saha AK, Roy A. 2019. Mapping mangroves using LISS-IV and Hyperion data in part of the Indian Sundarban. *International Journal of Remote Sensing* 40: 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1630784>
- Mori SA, Silva LAM, Lisboa G, Coradin L. 1989. Manual de manejo do herbário fanerogâmico. 2nd ed., Ilhéus: Centro de Pesquisas do Cacau.
- Müeller-Dombois D, Ellenberg F. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: Willey & Sons, 547 p.
- Nascimento MT, Marimon BC, Marimon-Júnior BH, Cunha CN, Villela DM. 2015. Florestas monodominantes no Brasil: estudos de caso. In: Eisenlohr PV, Felfili JM, Melo MMRF, Andrade LA, Meira-Neto JAA. *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos*. Viçosa, MG: UFV.
- Odum EP. 1913. *Ecologia* [supervisão de tradução Ricardo Iglesias Rios; tradução Christopher J. Tribe].- [Reimpr.]. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 434 p.
- Oliveira RG, Tognella MMP. 2014. Processo de colonização do manguezal do rio Tavares por análise da estrutura de diferentes bosques. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 18(1): 9-18. DOI: <https://doi.org/10.14210/bjast.v18n1.p9-18>
- Paraguassu LAA, Silva MN. 2007. Caracterização fitossociológica do manguezal de Porto de Sauípe, Entre Rios, Bahia. *Diálogos & Ciência* 5(5): 1-11.
- Pascoalini SS, Lopes DMS, Falqueto AR, Tognella MMP. 2014. Abordagem ecofisiológica dos manguezais: uma revisão. *Revista Biotemas* 27 (3): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n3p1>
- Quinn C, Stringer LC, Berman RJ, Le HTV, Msuya FE, Pezzuti JCB, Orchard SE. 2017. Unpacking changes in Mangrove social-ecological systems: lessons from Brazil, Zanzibar, and Vietnam. *Resources* 6(14): 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources6010014>
- Rabinowitz D. 1978. Early growth of mangrove seedlings in Panama, and hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. *Journal of Biogeography* 5: 113-133. DOI: <https://doi.org/10.2307/3038167>
- Raij BV. 1991. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 343 p.
- Rodrigues E. 2013. *Ecologia da restauração*. Londrina: Editora Planta, 299p.

- Sales JBL, Mehlig U, Nascimento JR, Rodrigues Filho LF, Menezes MPM. 2009. Análise estrutural de dois bosques de mangue do rio Cajutuba, município de Marapanim, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 4(1): 27-35.
- Santos-Filho FS, Almeida-Jr EB, Soares CJRS, Zickel CS. 2010. Fisionomias das restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 03: 218-227. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i3.232605>
- Santos TO, Andrade KVS, Santos HVS, Castane da DAFG, Santana MBS; Holanda FSR, Santos MJC. 2012. Caracterização estrutural de bosques de mangue: estuário do São Francisco. *Scientia Plena* 8(4): 1-7.
- Saraiva NA. 2009. Caracterização da unidade e temas complementares Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba. ICMBio: Brasília.
- Schaefer EGR, Nunes JÁ, Neri AV, Mendonça BAF, Ferreira-Júnior WG, Arrudal DM, Teixeira RDBL. 2015. Relação solo-vegetação em formações vegetacionais brasileiras: metodologia e estudos de caso. In: Eisenlohr PV, Felfili JM, Melo MMRF, Andrade LA, Meira-Neto JAA. *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos*. Viçosa, MG: UFV.
- Schaeffer-Novelli Y. 2002. Manguezal: ecossistema que ultrapassa suas próprias fronteiras. In: Araújo EL; Moura A N; Sampaio ESB; Gestinari LMS; Carneiro JMT (eds.). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. Recife: UFRPE, 262p.
- Schaeffer-Novelli Y, Cintrón G. 1986. Guia para o estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 150 p.
- Seixas JAS, Fernandes MEB, Silva ES. 2006. Análise estrutural da vegetação arbórea dos mangues no Furo Grande, Bragança, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais* 1(3): 61-69.
- Shepherd GJ. Fitopac. Versão 2.1. 2009. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.
- Silva AM, Batista RJR, Rocha TR, Amarante CR, Falcão EHO. 2013. Teor de macronutrientes em sedimentos de manguezais: Ilha de Itarana e Cuiarana-Pará-Brasil. *Enciclopédia Biosfera*. Goiânia 9(16): 2014-2028.
- Silva FADA. 2004. Delta do rio Parnaíba: roteiro ecológico e turístico. Teresina: EDUFPI, 111p.
- Silva FC. (Ed.). 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, 2nd ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 627p.
- Soares CPB, Paula Neto FP, Souza AL. 2011. *Dendrometria e inventário florestal*, 2nd ed., Viçosa: UFV, 272p.
- Soares MLG. 1999. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL. *Revista Brasileira de Biologia*. [s. l] 59(3): 503-515. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081999000300016>.
- Soares MLG, Chaves FO, Estrada GCD, Cavalcanti VF, Portugal AMM, Barbosa B. 2008. Caracterização das florestas de mangue do complexo estuarino de Caravelas (Bahia-Brasil). *Boletim Técnico Científico CEPENE* 16(5): 23-41.
- Sousa, RS, Hanazaki N, Lopes JB, Barros RFM. 2012. Are Gender and Age Important in Understanding the Distribution of Local Botanical Knowledge in Fishing Communities of the Parnaíba Delta Environmental Protection Area? *Ethnobotany Research & Applications* 10: 551-559.
- Souza HF, Guedes MLS, Oliveira SS, Santos ES. 1996. Alguns aspectos fitossociológicos e nutricionais do manguezal da Ilha do Pati -Bahia - Brasil. *Sitientibus* 15: 151-165.
- Souza MMA, Sampaio EVSB. 2001. Variação Temporal da Estrutura dos Bosques de Mangue de Suape - PE após a Construção do Porto. *Acta Botânica Brasileira* 15(1): 1- 12. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000100001>
- Stasoft Inc. 2005. Statistica for Windows: Data analysis software system, version 7.1. Tulsa. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/>>.

Thom BG. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, México. *Journal Ecology* 55: 301-343. DOI: <https://doi.org/10.2307/2257879>

Thomlinson PB. 1986. *The botany of mangroves*. USA: Cambridge University Press, 413p.

Townsend CR, Begon M, Harper JL. 2010. *Fundamentos em ecologia*, 3rd ed., Porto Alegre: Artmed, 576 p.

USDA, 1951. United States Department of Agriculture. Soil Survey Staff. *Soil survey manual*. Washington, 503p. (Handbook, 18).

Vijayan V, Rahees N, Vidyasagaran K. 2015. Plant diversity and structural dynamics of mangroves in the southwest coast of Kerala, Indian. *Applied Ecology and Environmental Research* 13(4): 1055-1067. DOI: https://doi.org/10.15666/aeer/1304_10551067



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.