

# Revista Comunicações em Informática



ISSN:

<http://periodicos.ufpb.br/index.php/cei>



## Editorial

### Computação e Multidisciplinaridade: A Revista Comunicações em Informática

A Computação tem sido responsável por relevante parte da cultura e evolução das sociedades, alterando o modo como a informação é transmitida, compreendida e compartilhada. Deste modo, não se restringe a si mesma, mas permeia e colabora com as demais áreas das Ciências, sejam elas Exatas, Humanas ou Biológicas. Neste sentido, as discussões internacionais e nacionais apontam para a necessidade de maior comunicação entre as ciências, no sentido da criação de soluções para problemas sociais. Como destaque, no ano de 2006 a Sociedade Brasileira de Computação iniciou uma série de seminários para discutir os grandes desafios de pesquisa em Computação, objetivando “*um trabalho coletivo de identificação e caracterização de grande problemas de pesquisa*” da área [1]. Para tanto, já considerava que estes desafios são multidisciplinares em sua natureza e possibilidades de solução.

Como produtor de conhecimento, o ambiente universitário deve ser capaz de promover a divulgação de seus resultados, incentivando alunos, pesquisadores e docentes de seus cursos a comunicarem seus achados científicos, bem como apresentando-lhes a importância da divulgação do conhecimento. Com este objetivo, a revista Comunicações em Informática inicia suas atividades, caracterizando-se como um canal para comunicação rápida de temas relevantes para o avanço da computação e da sua atuação na solução de problemas sociais a partir da sua integração às demais áreas das ciências. De modo a permitir a publicação ágil dos textos produzidos pelos autores, os artigos e resumos terão um processo de revisão dinâmico e rápido, característica da revista a ser seguida em todas as suas edições.

Neste início de atividade, o Corpo Editorial destaca e agradece o apoio recebido pelo Departamento de Informática e pela Direção do Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba para esta iniciativa. Agradecemos também os revisores dos trabalhos, que permitiram iniciar de forma organizada e com qualidade as atividades da revista. Igualmente agradecemos aos professores do Centro de Informática que colaboraram no processo de avaliação dos trabalhos expostos durante o I *Workshop* da Graduação, que premiou o trabalho do aluno Pedro Henrique Villar de Figueirêdo aqui publicado e cuja imagem ilustra a capa desta edição. Realizado pela primeira vez no início do segundo semestre de 2017, o *workshop* integrou alunos e docentes de todos os cursos do Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba e contou com o suporte dos alunos do Programa de Educação Tutorial deste Centro, aos quais estendemos nossos agradecimentos. Agradecemos também ao Thiago Vasconcelos e Rafael M. Toscano do grupo de produção de conteúdo do LAVID pela confecção do leiaute da capa da revista.

Neste primeiro número são apresentados trabalhos que evidenciam a interação da Computação com as demais ciências, particularmente a Geografia, as Artes Cênicas, a Fonoaudiologia e a Educação, para a identificação e solução de problemas. No artigo “Sistemas de Suporte à Decisão Espacial e Aplicações”, os autores apresentam possibilidades associadas ao uso de informações geográficas e sistemas inteligentes no apoio ao processo de tomada de decisão na gestão pública e privada. No artigo “Atores Ciborgues e o Ciberteatro: Subjetividade, Representação e o Olhar Mediado”, os autores trazem reflexões acerca das possibilidades e das novas formas de se fazer teatro no contexto do mundo digital. Um protótipo para captura e análise de voz, visando auxiliar a produção de soluções para a saúde, é apresentado no artigo “Protótipo para a Análise da Frequência Fundamental da voz com Módulo Implementado em Dispositivo reconfigurável do tipo FPGA”. No contexto da Educação, as autoras do trabalho “Promovendo a Inclusão Social e o Empoderamento das Mulheres através do Conhecimento em Ciência da Computação” trazem uma importante reflexão acerca do engajamento de mulheres nas áreas das ciências exatas, particularmente nas Ciências da Computação, a partir de um estudo realizado em uma escola do ensino médio. Ainda nesta linha, o autor do trabalho “Relato de Experiência Sobre o Aprendizado de Introdução à Renderização Baseada em Física em um Curso de Graduação da Área de Computação” apresenta seu relato de experiência sobre a oferta de disciplina com conceitos avançados, mas abordada de forma prática, no início do curso de graduação como elemento de estímulo aos alunos para estudo das disciplinas posteriores.

O Corpo Editorial está comprometido em tornar esta publicação um sucesso, permitindo a divulgação com qualidade de trabalhos de alunos, professores e pesquisadores. Aguardamos a sua contribuição e desejamos a todos uma boa leitura.

Liliane S. Machado  
Editora-Chefe

#### Bibliografia

- [1] Carvalho et al. (2006) Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil – 2006 – 2016. Online: <https://www.gta.ufrj.br/rebu/arquivos/SBC-Grandes.pdf> . Acesso em dez/2017.

# Sistemas de Suporte à Decisão Espacial e Aplicações

Ronei Marcos de Moraes e Ana Claudia Oliveira de Melo

Laboratório de Estatística Aplicada ao Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LEAPIG)

Departamento de Estatística – CCEN – Universidade Federal da Paraíba

{ronei, anaclaudia}@de.ufpb.br

**Resumo:** Como uma união interdisciplinar das Tecnologias da Informação, Geociências, Lógica e Modelos Estatísticos, os Sistemas de Suporte à Decisão Espacial (SDSS) têm sido cada vez mais utilizados para auxiliar os gestores públicos e privados, dada a abrangência e o potencial das ferramentas que os compõem. Os SDSS consideram, além de outras informações, a informação geográfica nas suas análises, enquanto que outros sistemas não a consideram. Em contínua evolução, os SDSS vêm incorporando outros tipos de sistemas para aplicações complexas e com base na Web. Este artigo traz uma breve revisão do histórico, principais conceitos e aplicações dos SDSS em diversas atividades humanas, desde a gestão de recursos humanos, gestão em negócios, monitoramento de desastres e gestão em saúde.

**Palavras-chave:** *Decision Support Systems; Geographical Information Systems; Spatial Decision Support Systems.*

## 1. Introdução

Ao longo da história humana sempre houve a necessidade de se tomar decisões. As decisões tomadas pelos antepassados humanos, desde a mais remota antiguidade, preconizaram a evolução humana ao longo da história até o momento presente. Todas as decisões tomadas influenciaram e continuarão a influenciar a história humana e é conhecido que toda decisão tomada acarreta consequências, previsíveis ou não. Atualmente, empresas e governos tem ciência desse fato e se utilizam da tomada de decisão científica de modo a minimizar custos, otimizar recursos (humanos, tecnológicos, etc.) ou minimizar efeitos indesejados na gestão pública e ou privada [1]. Uma das formas de se obter isso é otimizar os recursos, a partir da tomada de decisão (DM – *decision-making*) eficiente. O processo de tomada de decisão envolve a escolha da melhor decisão para a solução de um problema específico ou uma meta a ser alcançada, de modo inteligente [2]. O uso de Sistemas de Suporte a Decisão (DSS – *Decision Support Systems*) que auxiliem a tomada de decisão, solucionando as diversas demandas e minimizando os erros é essencial [3], principalmente quando o ambiente de decisão é dinâmico. Em alguns casos, deve-se levar em consideração informações geográficas como variáveis dentro do modelo para a tomada de decisão, o que não ocorre nos DSS. Por exemplo quando na saúde pública, deseja-se saber quais municípios de um estado tem alto risco para desenvolver uma epidemia, a informação geográfica deve ser levada em consideração nessa análise, pois municípios com características demográficas e sócio-econômicas similares podem ter diferentes epidemiológicas. Desse modo, pode-se alocar os recursos financeiros e humanos para melhor combater a doença. Um outro exemplo é a tomada de decisão sobre a melhor rota a ser tomada por um transporte de uma empresa logística visando minimizar custos e maximizar a eficiência da coleta ou entrega de encomendas. A informação geográfica das possíveis rotas, seu relevo, tempo a ser gasto, condições de tráfego, entre outras variáveis são fundamentais para a efetiva solução do problema. Nesses casos, esses sistemas devem ser capazes de lidar com esse tipo de informação, pois a componente geográfica ou espacial é determinante e influencia a decisão final [4]. Esses sistemas são denominados Sistemas de Apoio à

Decisão Espacial (SDSS – *Spatial Decision Support Systems*) e estão cada vez mais difundidos como ferramentas de auxílio para a tomada de decisão eficiente [5]. Os SDSS são comumente aplicados em gerenciamento urbano de águas (localizando águas poluídas, ou regiões de seca), riscos e acessibilidade, cuidados à saúde, sociologia, administração e marketing e agronomia, entre outras áreas do conhecimento humano. Para desenvolver e utilizar estes sistemas, necessita-se de conhecimentos interdisciplinares ligados às áreas das Geociências, Ciências da Informação, Lógica e Estatística Espacial [6].

Este artigo visa introduzir conceitos básicos a respeito da tomada de decisão científica considerando a informação geográfica nesse processo. Aplicações em várias áreas da ciência são apresentadas e discutidas ao final.

## 2. Um breve histórico e principais conceitos

A necessidade de processar dados transformando-os em informação, foi em grande parte a responsável pela origem dos Sistemas de Informação (SI). As agências governamentais, tais como o *US Census Bureau* foram pioneiras no uso das técnicas de processamento de dados. Isso originou, de forma representativa, a aplicação da tecnologia informática em aplicações governamentais empresariais e administrativas. A Tecnologia da Informação (TI) é a ferramenta básica que auxilia os processos de tomada de decisão. Esta tecnologia começou a ser desenvolvida na década de 1950 com a necessidade da geração de folhas de pagamento, cobranças e pagamentos das empresas [4].

A partir da TI foram criados os DSS há cerca de 40 anos. Um DSS pode ser definido, como sendo um sistema computacional que auxilia a tomadores de decisão nas análises e proposição de soluções para os problemas em estudo, através da simulação de cenários possíveis. Este sistema inclui: aquisição de informações sobre o próprio estudo de caso, aquisição de informação sobre o próprio *software*, modelo de sistema de controle da evolução do projeto, modelos de análise de dados e simulação, visualização dos resultados obtidos e planejamento das ações. O DSS utiliza a combinação de modelos (físicos, abstratos, simbólicos e matemáticos), técnicas analíticas e

recuperação de informações para desenvolver e avaliar problemas complexos [1].

O desenvolvimento de interfaces gráficas, da Internet, da própria área de TI e a necessidade de sistemas que levem em consideração a componente geográfica deu origem aos GIS (*Geographical Information Systems*). Os GIS integram ferramentas que possibilitam ao gestor uma ampla visão do problema em estudo, permitindo a visualização de informações espaciais em diversos formatos, através da interpretação de dados oferecidos pelo próprio sistema [8, 9, 10]. Sua estrutura de dados é baseada em coordenadas geográficas que permitem a localização espacial dos elementos da área envolvida no estudo [10]. Ele permite o mapeamento da região que envolve o problema em estudo e possibilita a codificação, o armazenamento e a análise de dados espaciais e alfanuméricos. O GIS é composto por um ambiente gráfico aliado a um banco de dados alfanumérico e associa atributos gráficos e não-gráficos [8].

Segundo Brail e Klosterman [9] os DSS podem ser compostos com um GIS. Assim, esse sistema pode incorporar, além de ferramentas tradicionais do DSS, também pode incorporar aquelas referentes aos GIS. Assim, a necessidade de se tomar decisões pelos gestores em diversos campos do conhecimento humano, com base na informação geográfica levou ao desenvolvimento dos SDSS.

Os SDSS incorporam os componentes essenciais de um DSS, como: banco de dados (espaciais e não espaciais), modelos analíticos e de simulação. Dos GIS, os SDSS herdaram o georreferenciamento da informação (atrelar a localização geográfica a cada informação do banco de dados), a possibilidade de usar diferentes componentes geográficas de forma integrada ou em separado e a interface direcionada ao tratamento de informações geográficas. Assim, o SDSS dispõe de estrutura para integrar: i) capacidades de modelagem analítica e espacial; ii) gerenciamento de dados espaciais e não-espaciais; iii) conhecimento de domínio; iv) capacidades de exibição espacial; e v) capacidades de gerar relatórios [11]. Portanto, os SDSS permitem auxiliar os gestores na tomada de decisão sobre problemas espaciais complexos, permitindo construir e analisar cenários alternativos [12].

Atualmente, os SDSS evoluíram para possibilitar trabalhos colaborativos em ambientes baseados na *World Wide Web*, originando os Web-SDSS (*Web-based Spatial Decision Support Systems*) [13]. O processo participativo no Web-SDSS pode ocorrer dos seguintes modos: entre participantes que se encontram num mesmo lugar ao mesmo tempo; entre colaboradores que apesar de estarem numa mesma localidade podem acessar o sistema em diferentes períodos; entre colaboradores localizados em lugares diferenciados, mas conectados ao mesmo tempo; e entre colaboradores localizados em locais e horários diferentes [14].

### 3. Aplicações

Os sistemas de tomada de decisão assumiram um papel fundamental em diversas áreas do conhecimento humano. Muitas aplicações podem servir para ilustrar

sua utilidade, tais como na segurança pública. Na Espanha, devido a restrições de contingente, o Corpo de Polícia Nacional Espanhol utiliza um sistema para cadastrar espacial (mapeando os locais de ocorrências) e temporalmente eventos criminais e toma decisões sobre a distribuição do seu efetivo nas diferentes zonas dos distritos policiais [6].

Na área de saúde, um Web-SDSS foi criado para auxiliar o gestor a tomar decisões baseado em evidências na alocação de recursos de saúde nas áreas rurais do Canadá [15]. Usando um sistema baseado em regras *fuzzy*, combinado com análises estatísticas, espaciais e espaço-temporais, foi proposto um SDSS para tomada de decisão sobre áreas prioritárias para o combate à Tuberculose em João Pessoa, Paraíba [16].

Na área da administração e gestão urbana, o gerenciamento de água é de especial interesse. No Reino Unido foi desenvolvido um SDSS em três estágios usando sistemas de inferência *fuzzy* do tipo 1 e tipo 2, agregação e otimização para a elaboração de estratégias para a economia de água, dadas restrições específicas de demanda [17]. Na Polônia, um SDSS foi delineado para combinar análise espacial e em rede para avaliar a acessibilidade a serviços específicos, como escolas, em uma área urbana. Os resultados são compartilhados com usuários em potencial a partir de uma aplicação Web, permitindo criar mapas interativos e orientados aos usuários. O objetivo é auxiliar esses usuários a tomar decisões sobre seus futuros locais de moradia [18]. Klosterman [19] aborda o PSS (*Planning Support Systems*) que usa ferramentas analíticas e modelos de simulação computacional com exibições gráficas como uma opção para os gestores políticos urbanos e aos cidadãos, meios para visualizar futuros alternativos para suas cidades e regiões. Esses sistemas se concentram nas opções de desenvolvimento de uso da terra, transporte e nas consequências ambientais e fiscais dessas escolhas.

Na área ambiental Rayed [20] discute o uso de um GIS como um gerador de um DSS e a partir deste, criou um SDSS com o objetivo de usá-lo para auxiliar a tomada de decisão solucionando problemas como a propagação de doenças através das águas dos rios atingidos pela poluição industrial no Egito. Cohen et al. [21] usaram um SDSS (baseado em três critérios: contínuo, discreto e booleano) para auxiliar os agricultores na decisão de pulverização da região de plantio baseado no mapeamento (através das coordenadas geográficas) da presença de moscas-das-frutas do Mediterrâneo (*Medfly*) para o controle da praga nos cítricos em Israel.

Na área de transportes Ploskas et al. [22] usou um SDSS para minimizar as rotas de transportes logísticos usando mapas do Google interativo. As informações geográficas (coordenadas de localização) do local selecionado são enviadas para dois decisores, que decidem qual a rota que o transporte percorrerá visando a melhor relação custo benefício para a empresa.

Na área de monitoramento de desastres, Sang et al. [23] construíram um sistema para localizar em tempo real regiões na província de Sishuan, na China, que ultrapassem os limites de precipitação. Este SDSS é capaz de fornecer mapas e previsões de inundações com base em históricos anteriores.

Novas arquiteturas para SDSS tem sido propostas visando aplicações gerais em tomada de decisão. Como

exemplos podem ser citadas as arquiteturas propostas por Segrera, Ponce-Hernández e Arcia [24] para planejamento e gerenciamento do uso da terra, cuja aplicação foi a atividade produtiva de açúcar em Cuba. Outra arquitetura para SDSS foi proposta por Moraes, Nogueira e Sousa [25] para suporte à tomada de decisão sobre áreas prioritárias de acordo com a epidemiologia de doenças específicas. Esta mesma arquitetura foi aplicada à epidemiologia do HIV-Aids no Estado da Paraíba. Delgado et al. [26] propuseram um conceito integrando Web-SDSS, Serviços Baseados em Localização e Sistemas de Recomendação dando origem ao CA-SDSS (*Context-aware Spatial Decision Support Systems*). Os autores propuseram uma arquitetura para um CA-SDSS de modo a poder recomendar serviços baseados no perfil do usuário, no contexto no qual ele está inserido e sua localização espacial.

#### 4. Discussão

Os SDSS têm se tornado importantes ferramentas no apoio à tomada de decisão em muitas áreas da gestão pública ou privada, como por exemplo, na alocação de recursos humanos, técnicos e financeiros que deve ser feita com a menor chance de erro possível. Atualmente é notado o aumento da complexidade dos problemas na gestão de recursos de maneira geral. Crises hídricas (secas), econômicas e sociais (saúde, educação, segurança pública, mobilidade, etc.) mostram que a componente geográfica ou espacial deve ser considerada e será cada vez mais relevante nas tomadas de decisões. Particularmente, um SDSS é útil na alocação de escassos recursos de forma a maximizar os seus usos em localidades específicas, minimizando os possíveis erros de avaliação e evitando consequências não esperadas. Futuras integrações dos SDSS com outros sistemas permitirão a tomada de decisão com base em um maior número de informações, com as facilidades e portabilidade dos serviços *Web* [27].

Outras formas de integração estão sendo propostas em áreas correlatas. Recentemente foram propostos princípios para o compartilhamento de dados na *Web*, com formato específico para leitura automatizada, para uso de administradores públicos, empresas e cidadãos, que recebeu o nome de LOD (*Linked Open Data*) [28]. A partir de subconjuntos específicos de LOD têm sido propostos serviços agregando componentes de *Big Data* e LOD geoespaciais (*Geospatial Linked Open Data*) [29]. Novos métodos de auditoria foram propostos, usando amostragem aleatória espacial e GIS combinadas com ambientes virtuais disponíveis na *Web*, como o *Google Street View*, visando agilizar auditorias em tempo real [30]. Pesquisas sobre o uso do posicionamento geográfico do usuário, aliado aos GIS com foco em segurança e treinamento, podem usar realidade virtual (VRGIS) e aumentada (ARGIS) e já estão sendo pesquisadas [31]. Do mesmo modo, jogos *on-line* já estão sendo desenvolvidos para utilizar essas tecnologias [31]. Futuramente, esses desenvolvimentos trarão impactos sobre o delineamento de futuros SDSS, que poderão incorporar ambientes virtuais e auxiliar a tomada de decisão em tempo real com base na interação com esses ambientes.

#### Agradecimentos

Esse projeto é parcialmente financiado pelo CNPq (Processo 308250/2015-0) e está relacionado aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia: Medicina Assistida por Computação Científica (Processo 573710/2008-2) também financiado pelo CNPq.

#### Bibliografia

- [1] Turban, E.; Aronson, J. E. (1998) *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Prentice Hall.
- [2] Feney, M.E.; Williamson, I. (2002) The role of institutional mechanisms in spatial data infrastructure development that supports decision mark. *Cartography* 31(2):21-37.
- [3] Arnott, D; Pervan, G. (2005) A critical analysis of Decision Support Systems research, *Journal of Information Technology* 20(2):67-87.
- [4] Keenan, P. B. (2003) *Spatial Decision Support Systems, Em: Decision Making Support Systems: Achievements and challenges for the New Decade*. Edit. M. Mora, G. Forgionne e J. N. D. Gupta, Idea Group, p. 28-39.
- [5] Malczewski, J. (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20(7):703-726. DOI: 10.1080/13658810600661508
- [6] Camacho-Collados, M.; Liberatore, F. (2015) A decision support system for predictive police patrolling. *Decision Support Systems* 75(7):25-37. DOI: 10.1016/j.dss.2015.04.012
- [7] Keenan, P. B. (2006) Spatial decision support systems: a coming of age. *Control and Cybernetics* 35(1):9-27.
- [8] Aronoff, S. (1989) *Geographical Information Systems: A Management Perspective*. WDL Public.
- [9] Brail, R. K.; Klosterman, R. E. (Eds). (2001) *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools*, ESRI Press.
- [10] Huxhold, W. E. (1991) *An Introduction to Urban Geographic Information Systems*. Oxford University Press.
- [11] Armstrong, M. P.; Densham, P. J. (1990) "Database Organization Strategies for Spatial Decision Support Systems," *International Journal of Geographical Information Systems* 4(1):3-20. DOI: 10.1080/02693799008941525
- [12] Sugumaran R.; DeGroote J. (2001) *Spatial Decision Support Systems: principles and practices*. CRC Press.
- [13] Sugumaran V.; Sugumaran R. (2007) *Web-based Spatial Decision Support Systems (WebSDSS): Evolution, Architecture, and Challenges*. *Communications of the Association for Information Systems* 19(40).
- [14] Jankowski, P. E.; Nyerges, T. (2001) *Geographic Information Systems for Group Decision Making*. Taylor and Francis.
- [15] Schuurman, N.; Leight, M.; Berube, M. (2008) A Web-based graphical user interface for evidence-based decision making for health care allocations in rural areas. *International Journal of Health Geographics* 7(49). DOI: 10.1186/1476-072X-7-49
- [16] Sá, L. R.; Nogueira, J. A.; Moraes, R. M. (2015) Decision model on the demographic profile for tuberculosis control using fuzzy logic. *Revista Eletrônica de Enfermagem* 17(2):223-237. DOI: 10.5216/ree.v17i2.27643
- [17] Makropoulos, C.; Butler, D.; Maksimovic, C. (2003) Fuzzy Logic Spatial Decision Support System for Urban Water Management. *Journal of Water Resources Planning and Management* 129(1):69-77. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:1(69)

- [18] Burdziej, J. (2012) A Web-based spatial decision support system for accessibility analysis-concepts and methods. *Applied Geomatics* 4:75–84. DOI: 10.1007/s12518-011-0057-x
- [19] Klosterman, R. E. (2001) Planning Support Systems: a New Perspective on ComputerAided Planning. Em: *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools*, Edit. R. K. Brail e R.E. Klosterman, ESRI Press, 1-23.
- [20] Rayed, C. A. (2012) Using GIS for Modeling a Spatial DSS for Industrial Pollution in Egypt. *American Journal of Geographic Information System* 1(3):33-38. DOI: 10.5923/j.ajgis.20120103.01
- [21] Cohen, Y. et al. (2008) Spatial decision support system for Medfly control in citrus. *Computers and Electronics in Agriculture* 62(2):107-117. DOI: 10.1016/j.compag.2007.12.005
- [22] Ploskas, N., Athanasiadis, I., Papathanasiou, J.; Samaras, N. (2015) A Collaborative Spatial Decision Support System for the Capacitated Vehicle Routing Problem on a Tabletop Display. In *Decision Support Systems IV - Information and Knowledge Management in Decision Processes*. Springer, p. 26-36.
- [23] Sang, X.; Xue, L.; Leng, X.; Liu, J. Zhan, L. (2017) Construction of a Decision Support System Based on GP Services, Using a Warning–Judgment Module as an Example. *International Journal of Geo-Information* 6(167). DOI: 10.3390/ijgi6060167
- [24] Segrera, S.; Ponce-Hernández, R.; Arcia, J. (2003) Evolution of Decision Support System Architectures: applications for land planning and management in Cuba. *Journal of Computer Science & Technology* 3(1):40-46.
- [25] Moraes, R. M.; Nogueira, J. A.; Sousa, A. C. A. (2014) A New Architecture for a Spatio-Temporal Decision Support System for Epidemiological Purposes. 11th International FLINS Conference on Decision Making and Soft Computing. João Pessoa, p. 17-23. DOI: 10.1142/9789814619998\_0006.
- [26] Delgado, T.; González, G.; Miranda, G.; Navarro, D. G.; Graverán, A. (2013) Context-aware Spatial Decision Support Systems (CA-SDSS): Articulating Decision Support Systems, Business Intelligence and Recommender Systems considering the geospatial component. *Proc. of Fourth International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support*, p. 358-367.
- [27] W3C, SweoIG/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData. <https://www.w3.org/wiki/SweoIG/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData>. Acesso em 11/10/2017.
- [28] Delgado, T.; Capote, J. L.; Gonzalez, G.; Cruz, R. (2015) Big Data & Geospatial Linked Open Data to generalize Context-Aware Recommender Systems. *Proc. of 27th International Cartographic Conference*, Rio de Janeiro. <http://www.icc2015.org/abstract,533.html>. Acesso em 15/09/2017.
- [29] Chen, C.-C.; et al. (2016) Online platform for applying space–time scan statistics for prospectively detecting emerging hot spots of dengue fever. *International Journal of Health Geographics*, 15(43). DOI: 10.1186/s12942-016-0072-6
- [30] Lafontaine, S. J. V.; Sawada, M.; Kristjansson, E. (2017) A direct observation method for auditing large urban centers using stratified sampling, mobile GIS technology and virtual environments. *International Journal of Health Geographics*, v.16(6). DOI: 10.1186/s12942-017-0079-7
- [31] Boulos, M. N. K.; et al. (2017) From urban planning and emergency training to Pokémon Go: applications of virtual reality GIS (VRGIS) and augmented reality GIS (ARGIS) in personal, public and environmental health. *International Journal of Health Geographics*, v.16(7). DOI: 10.1186/s12942-017-0081-0

# Atores Ciborgues e o Ciberteatro: Subjetividade, Representação e o Olhar Mediado

Aluizio Cavalcanti Guimarães Filho, Ed Porto, José Tonezzi  
Programa de Pós-graduação em Computação, Comunicação e Artes  
Universidade Federal da Paraíba  
aluizioguimaraes2@gmail.com; ed\_porto@uol.com.br; tonezzi@hotmail.com

**Resumo:** Este artigo consiste em apresentar artifícios teóricos, técnicos e tecnológicos objetivando aproximar o olhar do ciberespectador ao olhar do espectador do teatro analógico. A partir desta conformação, o intuito é suscitar novas construções cênicas, poéticas e narrativas, compondo estratégias que facilitem a imersividade no ciberteatro. A partir de observações, pesquisa bibliográfica e vivências laboratoriais que culminaram na obra-experimento “Ser e Não Ser!” e numa posterior e consequente coleta de dados em que confirmamos que o uso de Ciborgues Óticos como instrumentos de *interface* entre o ciberespectador e a cena e o *Personal Switch*: software criado para este formato de ciberteatro, colaboramos não apenas para o surgimento de novos recursos narrativos e estéticos, como também, para facilitar uma condição imersiva.

**Palavras-chave:** Ciberteatro; Imersão; Ciborgue.

## 1. Introdução

As artes cênicas se fizeram presentes na rede mundial de computadores em quase concomitância com sua popularização. Segundo Danet [1], no ano de 1993, em San Diego, o inglês Stuart Harris estreou o conceito de teatro na Internet com a produção da paródia *Hamnet*, baseada no texto *Hamlet*, de Shakespeare. Harris utilizou o *Internet Relay Chat (IRC)* para experimentar sua ideia de um teatro sem maquiagem, sem figurino, restrito apenas ao texto, que era disponibilizado pelos atores, num auditório virtual, canal estritamente designado no *IRC*, chamado de *#hamnet*. Desde então, as artes cênicas vêm se aproximando, experimentando e constituindo lugares no ciberespaço, buscando não apenas preenchê-lo, mas também criando sua estética própria, distanciando-se do chamado “teatro filmado” e, mais do que isto, buscando ser uma obra de perfil próprio.

No ciberespaço, as artes cênicas preservam parte de suas características, porém o ato de observá-la passa por uma radical mudança. O Ciberteatro, termo criado pelo russo Lev Nusberg [2] e atualizado por Salihbegović [3] consiste na prática teatral em que, tanto quem interpreta quanto o público-alvo, conectam-se, usam computadores e interagem mutualmente. Nele, a chamada “boca de cena” passa a ser o monitor de um computador, a tela de um celular ou, ainda, a projeção daquele fluxo de vídeo recebido pela Internet. Entre a obra e o observador há um conjunto de equipamentos que servem à captura e transmissão. Uma mídia se coloca entre a ação cênica e a plateia. Considerando o longo percurso necessário a construção de uma linguagem própria para esta arte, percebemos uma possibilidade de interferirmos na experiência do usuário, aqui denominado ciberespectador: Compor uma solução técnica, tecnológica e artística que proporcione uma maior liberdade ao olhar do ciberespectador, podendo assim, facilitar ao mesmo, uma condição de maior imersividade.

## 2. Metodologia

A questão de pesquisa que orienta este trabalho nasceu da observação de variadas obras de ciberteatro e de nossa revisão bibliográfica. Ela consiste na identificação

da limitação do olhar do ciberespectador e, possivelmente, no consequente entrave à sua condição imersiva e catártica na relação para com a obra cênica. Observamos que o ciberespectador, assim como no cinema e no vídeo, tem uma condição não iterativa no seu ato de ver. O olhar, ação tão autônoma, liberta e característica do espectador do teatro analógico, não é reproduzida no ciberteatro. Neste ele não decide o que ver, nem tem, não encontramos em nossa pesquisa até então, uma mínima condição tecno-artístico-tecnológica que lhe ofereça alguma escolha, sua condição, análoga ao cinema e vídeo, é igualmente passiva.

Elencamos como metodologia a Pesquisa-Ação, e esta tem como uma de suas características a possibilidade de não obrigatoriedade na concepção de hipóteses e ainda de, ao se buscar a constituição destas, utilizá-las como diretrizes muito mais do que normatizações [4].

Apesar da não obrigatoriedade [4], levantamos a hipótese de que, se oferecermos ao ciberespectador uma condição de escolha ao seu olhar e fazê-lo olhar a partir de variados pontos de vistas presentes na ação cênica, maior será a construção de um solo fértil à imersão.

Para tanto, compomos um *software* denominado de *Personal Switch* que organiza numa mesma tela as variadas imagens transmitidas e componentes de uma mesma obra. É um sistema escrito a partir das linguagens *HyperText Markup Language (HTML.5)*, *Cascading Style Sheets (CSS)*, *Java Script* e a *Application Programming Interface (API)* de dados do *YouTube*. Essas linguagens foram escolhidas devido à sua ampla utilização no desenvolvimento *web* e a familiaridade com as mesmas em projetos prévios. A linguagem *HTML.5* é a responsável por definir a estrutura do site, onde cada elemento será posicionado. A aparência do site como as cores e os tamanhos dos elementos são definidos utilizando-se a linguagem *CSS*. A *API* de dados do *Youtube* é a linguagem que permite a incorporação dos *players* de vídeos e consequentemente a exibição da informação. E por fim, a interação que o usuário possui com o sistema é feita por meio da linguagem *JavaScript*. A partir da criação de Atores Ciborgues Óticos que tem seus olhares vampirizados pelos ciberespectadores; uma Plateia

Interface que também possua esses mesmos constituintes; e a possibilidade de observar a partir de objetos e adereços cênicos, daremos prosseguimento à tradição do olhar e a sua liberdade no teatro, acrescentando uma condição só factível graças aos recursos tecnológicos à nossa disposição. Olhar através do ponto de vista dos atores e dos objetos, só de fez possível a partir de recursos computacionais e cinevideográficos a serviço do ciberteatro.

### 3. Resultados

A Obra-experimento de ciberteatro “Ser e Não Ser” foi encenada no dia 04 de Outubro de 2017, com o objetivo de comprovar, ou não, as hipóteses formuladas, como também, subsidiar possíveis ajustes e adequações. Elencamos e convidamos um conjunto de pessoas, a partir de uma amostra por conveniência, de forma que bem pudessem representar uma possível ciberplateia, esta amostra foi formada por pessoas de quatro estados brasileiros, de sete cidades e de titulação variada, que vão de ensino fundamental a doutores, e de diversas áreas do saber. Na Figura 1 apresentamos trecho da obra-experimento, capturada do software *Personal Switch*, e na Figura 2 a atriz Naiara Misa, em cena, no mesmo experimento, enquanto Ciborgue Óptico.



Figura 1. Tela capturada no momento da transmissão do espetáculo “Ser e Não Ser”. Fonte: os autores.

Na ocasião da transmissão da obra-experimento, foi implementado um questionário a uma amostra por conveniência formada por 19 pessoas em que buscamos comprovar algumas das hipóteses levantadas no decorrer de nossa pesquisa, dentre estas, destacamos a seguir as que bem resumem nossas buscas.



Figura 2. A atriz Naiara Misa, *ciborguizada*, atuando na obra-experimento “Ser e Não Ser”. Fonte: os autores.

Apresentamos um rápido conceito sobre imersão, da seguinte forma: “Segundo alguns conceitos, imersão significa estar fisicamente submerso na água, podendo ser também uma sensação de estar envolto numa outra realidade”, e em seguida, a questão: “Levando em consideração o conceito de imersão, você acha que observar a partir dos atores e dos adereços cênicos e passear por estas formas e perspectivas de olhares facilitam a imersão?” (Figura 3).



Figura 3. Quanto à imersividade: o uso dos Ciborgues Ópticos Vampirizados e a possibilidade de ver através de todos estes elementos, facilitam uma condição imersiva? Fonte: os autores.

Na Figura 4 apresentamos o resultado ao seguinte questionamento: “No decorrer do experimento, ao utilizar as setas de seu teclado (esquerda e direita), você identificou a possibilidade de escolher por onde ver o acontecimento?”.

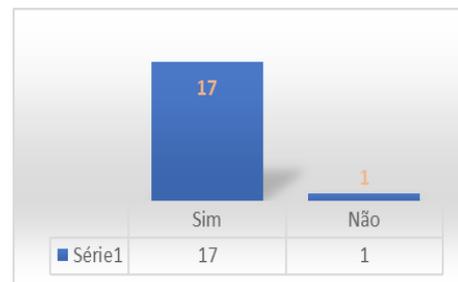


Figura 4. Quanto à usabilidade: identificação de recurso interativo ao escolher a visualização a partir do *Personal Switch*. Fonte: os autores.

Com o intuito de comprovar uma diferenciação entre o ciberteatro, que apresentamos a partir da obra-experimento “Ser e Não Ser”, e obras do universo videográfico e cinematográfico, enquanto relação do espectador com a obra, provocamos o respondente a traçar uma possível analogia e nos apontar, a partir deste seu relacionamento com ambos, se o mesmo encontra alguma diferenciação. A Figura 5 apresenta o resultado das respostas para a seguinte pergunta: “A sua relação com a obra-experimento “Ser e Não Ser” foi diferente da relação que normalmente você tem com obras do universo videográfico e cinematográfico?”.

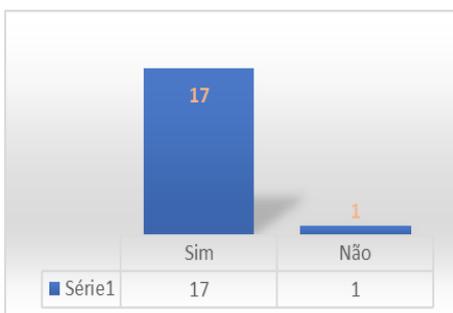


Figura 5. Há diferença entre a experiência com ciber teatro, aqui representado pela obra-experimento Ser e Não Ser, e obras do universo videográfico e cinematográfico? Fonte: os autores

#### 4. Discussão

A obra-experimento que elaboramos para colocar em prática os elementos desenvolvidos ao longo de nossa pesquisa, está mais próxima a uma (ciber) esquete teatral que a uma (ciber) peça, não só pelo limitado conjunto de conflitos como também por sua durabilidade, cerca de 20 minutos. Esta obra-experimento, foi divulgada de maneira circunscrita as necessidades científicas, através de alguns convites e da afixação de um panfleto eletrônico numa rede social (*Facebook*). Nos surpreendeu a quantidade de pessoas que se dispuseram a assisti-la, chegando a mais de 40 pessoas, de diversos lugares que não temos como identificar. Identificamos, porém, que dos convidados, 18 pessoas assistiram e responderam o questionário, 18 pessoas de 4 estados e sete cidades. Uma inesperada resposta quantitativa, mostrando que este tipo de manifestação pode chegar a alcançar, com uma boa divulgação e se tratando de uma peça ciber teatral completa, números inimagináveis.

Mesmo advertindo para a necessidade do uso de *desktop* ou *notebook*, houve, infelizmente, um ciber espectador que tentou experimentar o evento a partir de uma plataforma *mobile* (adaptar o *Personal Switch* para este formato é possivelmente um trabalho futuro), sendo assim, não obteve nossa proposta estética e funcional em sua plenitude, como esperávamos, confirmando esta nossa suspeita em suas possíveis respostas que vão, em alguns momentos, solitariamente, diretamente de encontro as hipóteses levantadas.

Solicitamos o uso de headphones por entendermos que este aparelho melhor pode provocar uma condição imersiva, mesmo que nosso trabalho não tenha como foco principal o áudio, nos preocupamos em tê-lo numa condição de qualidade que agisse muito mais como um elemento reforçador desta possível imersão que um elemento dificultador. Mesmo com menos da metade usando este recurso, obtivemos 89,47% de pessoas que confirmaram que este experimento proporciona uma condição imersiva, ainda que, para 22% houve uma falha na entrega de fluxo de vídeo, rompendo, logicamente, com algum tipo de condição imersiva, um problema difícil de solucionar pois foi possivelmente decorrente do serviço precário de internet oferecido em nosso região/país.

A partir das respostas adquiridas, também comprovamos, com 94,44% de afirmações, que esta obra-experimento, em confronto direto com

alguns conceitos indicados no corpo do questionário, é sim uma obra de Ciber teatro, e o seu usuário, 94,44% não se sentiu se relacionando com uma obra cinematográfica ou videográfica, sugerindo assim o alcance de um de nossos objetivos e a confirmação de mais uma hipótese, de que podemos sim ter uma fotografia a serviço do ciber teatro, e que ela, fazendo uso de um conjunto de estratégias possa se diferenciar da fotografia de outras linguagens.

Ressaltamos ainda que 82,35% dos respondentes se sentiram interagindo com a obra a partir do sistema *Personal Switch* e, apesar de se sentir interagindo, e entendermos que este nível de interação leva-o a condição de produtor, qualidade em que a “recepção deixa de ser passiva e incorpora-se o conhecimento mesmo que haja atividade amadora” [5], apenas 66,67% se sentiu ajudando a elaborar a obra. Entendemos este fenômeno como consequência daquele que está imerso, o mesmo, ao utilizar as setas, e passear pelas imagens e compor a partir deste passeio, não se sente compondo, ou, por uma condição cultural em que a obra audiovisual chega a sua casa e ele passivamente a recebe, ou o mesmo pode não reconhecer em sua liberdade de compor e combinar as imagens, uma condição de co-realizador, de produtor.

#### 5. Conclusões

Finalmente concluímos que, a partir dos dados aqui, resumidamente expostos, confirmamos nossas hipóteses, o uso dos Ciborgues Ópticos Vampirizados, a Plateia Interface, a Representação da Subjetividade, o Olhar Mediado e o *Personal Switch* se fizeram funcionais e atenderam as expectativas criadas no decorrer de nossa pesquisa. Entendemos que esta obra-experimento, do universo do ciber teatro, é apenas um pequeno passo para que possamos incrementar melhor os conceitos aqui desenvolvidos. Porém, entendemos também, que este universo que se descortina com esta pesquisa e com a confirmação de suas hipóteses, é a comprovação da possibilidade de se vislumbrar uma outra forma de se fazer teatro em um outro local e para uma plateia *sui generis*. Fazer um teatro transmitido, distribuído, interativo, possibilitador de níveis de imersão e, ainda, facilitador de uma condição produtora. Mesmo que utilizando recursos advindos da cine-videografia, não é nem cinema nem vídeo, é ciber teatro.

#### 6. Bibliografia

- [1] Danet, B., Bechar-Israeli, T., Cividalli, A. e Rosenbaum-Tamari, Y. (1995) Experiments with Virtual Theater on Internet Relay Chat. Pennsylvania: The Pennsylvania State University. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1083-6101.1995.tb00326.x/full>>. Acessado em: 10 de setembro. 2017.
- [2] Nusberg, Lev. (1969) Cybertheater. Leonardo (The MIT Press Stable) 2, nº 1: 61-62.. Leonardo. 2 de Janeiro de 1969. <[https://www.jstor.org/stable/1571928?seq#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1571928?seq#page_scan_tab_contents)> (acesso em 16 de outubro de 2017)
- [3] Salihbegovic, Fahrudin (2013) Directing Cybertheatre. Belgrado: Academica, UNESCO and University of the Arts.

- [4] Thiollent, Michel (1986) Metodologia da Pesquisa-Ação. 3ª. São Paulo: Cortez Editora.
- [5] Gomes, Clara (2015) Ciberformance: A performance em ambientes e mundos virtuais. Lisboa: CECL.

# Protótipo para a análise da Frequência Fundamental da Voz com módulo implementado em dispositivo reconfigurável do tipo FPGA

Ana Maria Jerônimo Soares<sup>1</sup>, Rodrigo Leone Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Potiguar, <sup>2</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
anamaria.soa@gmail.com, rodrigo.leone@ifrn.edu.br

**Resumo:** Pessoas com deficiência auditiva apresentam alterações vocais. Destaca-se que um dos parâmetros mais afetados e que necessita estudo e correção é a Frequência Fundamental da Voz (F0). Com os avanços observados em dispositivos programáveis do tipo FPGA (*Field Programmable Gate Array*), tanto na redução dos custos quanto no aumento da capacidade, evidenciou-se que estes constituem uma excelente alternativa no Processamento Digital de Sinais vocais. A presente pesquisa contempla a implementação de um sistema de análise vocal baseado na computação reconfigurável. Os resultados apontam para o potencial dessa proposta, que deixa como contributo um protótipo capaz de extrair a F0 de sinais de voz capturados e apresentar um retorno para o usuário, logo poderá auxiliar na atuação fonoaudiológica.

**Palavras-chave:** *Computação reconfigurável, Frequência Fundamental da Voz, FPGA.*

## 1. Introdução

Para que a criança aprenda a falar, isto é, desenvolva a produção oral, é preciso que possua a habilidade de percepção auditiva, de modo que possa ouvir os sinais sonoros do ambiente e assim reproduzi-los [1]. Assim, a integridade do sistema auditivo é fator fundamental para o desenvolvimento da fala e da linguagem [2], e conseqüentemente, do processo comunicativo, necessário para a interação do ser humano com o ambiente que o rodeia.

É importante que a sociedade tenha a compreensão de que nem toda pessoa surda é igualmente muda [3], ou seja, tal indivíduo apresenta todas as condições físicas e fisiológicas para falar, porém não desenvolve a oralidade espontaneamente devido ao fato de não escutar os sons do ambiente, e assim reproduzi-los [4].

A pessoa com deficiência auditiva possui como aspecto marcante a sua fala, tendo em vista que a voz apresenta quedas bruscas de altura ou, ao contrário, é monótona e muito aguda. As alterações nos aspectos vocais da pessoa com deficiência auditiva estão associadas ao grau ou tipo de perda auditiva e idade em que esta ocorreu [4].

As alterações citadas são verificadas principalmente nos valores da Frequência Fundamental da Voz (F0) [1], ressonância, ritmo, intensidade, inteligibilidade, qualidade vocal, e velocidade [4]. Ademais, dentre as características apresentadas, a Frequência Fundamental merece atenção [5].

A Frequência Fundamental da Voz, ou F0, trata-se do número de ciclos vibratórios das cordas vocais por segundo, tendo como equivalente perceptual o *pitch* [6]. As pessoas surdas apresentam valores de F0 significativamente alterados [1]. Destaca-se que algumas técnicas e intervenções clínicas, com o suporte de tecnologias, possibilitam a correção do referido parâmetro [5], e conseqüentemente, promove melhorias para a produção oral das pessoas com deficiência auditiva [1].

No que tange o surgimento de novos artefatos tecnológicos com potencial para a implementação de sistemas de Processamento Digital de Sinais de voz, destaca-se os dispositivos eletrônicos reconfiguráveis do tipo FPGA. *Field Programmable Gate Array* - FPGA consiste em um conjunto de circuitos integrados conectados por uma matriz de células lógicas

programáveis [7], e geralmente vem acoplado em kits de desenvolvimento, podendo implementar sistemas complexos em um único componente, dispensando a utilização de um grande número de Circuitos Integrados e tendo como vantagem a reconfigurabilidade, ou seja, qualquer mudança no sistema pode ser obtida alterando-se apenas a configuração/programação do *software*, sem a necessidade de mudar o *hardware*.

Com base nas abordagens analisadas na literatura, que demonstram a relevância do uso de sistemas embarcados e reconfiguráveis para o processamento digital de sinais [1][8], surge a presente proposta, que tem como objetivo prioritário a criação de um protótipo, utilizando FPGA, para analisar as medidas de F0 e demonstrar as alterações nos valores, para posteriormente prover um mecanismo de correção através da substituição sensorial, explorando-se portanto, o sentido visual, de modo que o indivíduo com perdas auditivas possa ter um recurso a mais para análise, monitoramento e controle da sua F0, por meio de uma aplicação alternativa, que utiliza tecnologias com significativo potencial de processamento de sinais, sendo de baixo custo.

Destaca-se que a análise da F0 de surdos em trabalhos acadêmicos utilizando dispositivos lógicos programáveis é um campo amplo, porém ainda pouco explorado [8]. Tal abordagem deixa como contribuição um estudo que apresenta informações relevantes para a comunidade acadêmica e interessados na área.

Em síntese, pode-se destacar que o impacto de se trabalhar a análise de parâmetros vocais em tempo real em dispositivo do tipo FPGA reside no fato de possibilitar a implementação de técnicas de processamento digital de sinais de voz em um componente eletrônico com potencial para melhorar o desempenho do processo.

## 2. Metodologia

O projeto foi configurado no kit de desenvolvimento Altera DE2. O principal *software* EDA utilizado foi o *Quartus II Web Edition* versão 7.2. Ademais, para a codificação do sistema, utilizou-se a linguagem *Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language* – VHDL, que consiste em uma linguagem de alto nível utilizada para fazer o modelamento estrutural

e comportamental de um sistema a ser implementado em dispositivo reconfigurável [9].

O algoritmo utilizado para a extração da F0 (*Pitch*) foi baseado em outros estudos presentes na literatura [8] [12] e que tiveram resultados satisfatórios, embora não implementados em FPGA. Seu fluxo está esquematizado na Figura 1.

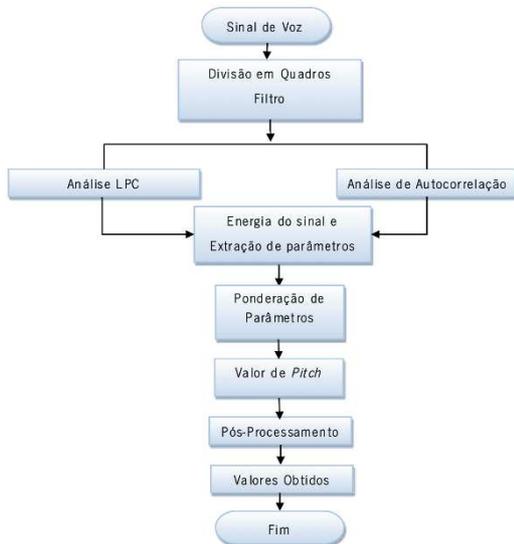


Figura 1 Fluxograma para extração da F0. FONTE: os autores.

Assim, implementou-se as técnicas de pré-ênfase e segmentação do sinal utilizando-se o janelamento *Hamming* com segmentos de 20 ms. Utilizou-se um filtro passa-baixa, de quarta ordem e com frequência de corte de 2000 Hz.

Para a estimação do *Pitch* considerou-se a posição do pico do sinal, isto é, em função da concentração de energia, sendo fundamentada na função de autocorrelação dos resíduos da análise LPC (*Linear Predictive Coding*). Posteriormente, os valores foram classificados e comparados com padrões de referência. Por conseguinte, realizou-se o cálculo da mediana dos resultados dos segmentos vozeados para evitar erros que comprometam os valores finais [8] [12].

Tendo em vista que as extensões das frequências de sons audíveis estão entre 20 Hz e 20.000 Hz, uma frequência de amostragem de 44.100 Hz é capaz de evitar saturação, estando dentro dos padrões de *Nyquist* que determina que a taxa mínima de amostragem deve ser igual ao dobro da frequência máxima contida no sinal [8].

No que tange a conversão do sinal, o conversor A/D está presente no kit didático. Assim, implementou-se um bloco para controlar o fluxo de dados recebidos e enviá-los para o bloco de controle de memória SDRAM, e um bloco para enviar os dados armazenados na memória para serem apresentados no Display de LCD.

Em síntese, o sistema proposto foi projetado de forma que seus parâmetros de entrada foram obtidos a partir da captura de um sinal de voz obtido por meio de um microfone acoplado ao dispositivo eletrônico. O sinal foi posteriormente digitalizado e processado no kit de desenvolvimento, onde extraiu-se a F0 e retornou-se

através de um display de LCD o valor mensurado. Ademais, os usuários poderiam ter além do valor mostrado no display, uma outra resposta visual por meio da indicação de acerto, aproximação ou distanciamento da frequência extraída em relação ao valor esperado, através de variações das cores em um LED RGB.

A Figura 2 apresenta o kit didático com o sistema implementado, mostrando a extração de uma F0 para uma pessoa do sexo feminino.

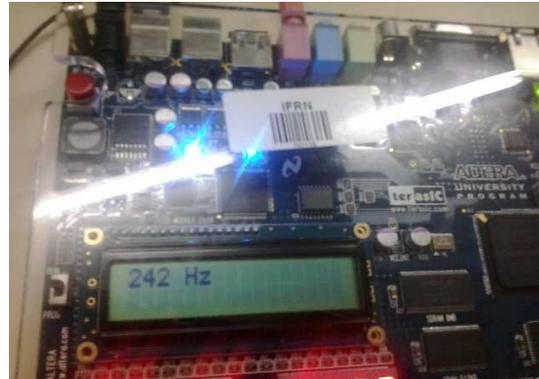


Figura 2. Extração da F0. FONTE: os autores.

Este estudo contou com a participação de 34 voluntários. Ademais, a amostra foi composta por um total de 20 adultos ouvintes, 8 crianças com audição normal, 3 crianças com deficiência auditiva e 3 adultos com deficiência auditiva. A coleta de sinais para o teste do sistema consistiu na captura da emissão da vogal /a/ e de uma sentença/frase.

### 3. Resultados e Discussões

Baseando-se nas observações de estudiosos que analisaram o comportamento da F0 destaca-se que em sujeitos do sexo masculino sem perdas auditivas e fala normal, a frequência vai de 80 Hz até em torno de 114 Hz e de 150 a 250 Hz no sexo feminino [10]. Em crianças os valores da frequência que indicam normalidade estão acima de 250 Hz, embora as formulações em outro estudo tenham demonstrado uma média de 236 Hz para a F0 das crianças [11].

Já outro estudo identificou-se que os homens com audição normal apresentam frequência fundamental entre 100 e 150 Hz, as mulheres possuem os valores do referido parâmetro entre 200 e 250 Hz e as crianças acima de 300 Hz [12]. Por conseguinte, observa-se que nas pessoas com surdez os valores da frequência fundamental são bastantes elevados em comparação com os indivíduos ouvintes.

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos com o sistema implementado para os indivíduos adultos com audição normal.

Cabe destacar que buscou-se envolver indivíduos de variadas faixas etárias, todavia, mediante à indisponibilidade de alguns sujeitos convidados em participar do estudo, a amostra apresentou-se um pouco desproporcional, sobretudo no grupo dos adultos em que apenas um sujeito apresenta 51 anos, estando os demais abaixo dos 27 anos, porém tal fato não afeta as análises.

Tabela 1. F0 extraída nos ouvintes adultos. FONTE: os autores.

Nº	Sexo	Idade	F0 /a/	F0 frase
1	Feminino	19 Anos	234 Hz	240 Hz
2	Feminino	18 Anos	229 Hz	235 Hz
3	Feminino	22 Anos	239 Hz	243 Hz
4	Masculino	21 Anos	105 Hz	107 Hz
5	Feminino	21 Anos	237 Hz	239 Hz
6	Feminino	21 Anos	209 Hz	226 Hz
7	Feminino	21 Anos	224 Hz	228 Hz
8	Feminino	24 Anos	239 Hz	241 Hz
9	Masculino	19 Anos	110 Hz	114 Hz
10	Masculino	19 Anos	109 Hz	111 Hz
11	Feminino	22 anos	242 Hz	248 Hz
12	Feminino	25 anos	233 Hz	239 Hz
13	Masculino	17 anos	155 Hz	157 Hz
14	Masculino	51 anos	105 Hz	112 Hz
15	Masculino	23 Anos	98 Hz	102 Hz
16	Feminino	17 Anos	232 Hz	236 Hz
17	Feminino	17 Anos	105 Hz	107 Hz
18	Feminino	27 Anos	235 Hz	238 Hz
19	Masculino	23 Anos	100 Hz	105 Hz
20	Masculino	21 Anos	159 Hz	161 Hz

Para a vogal /a/, os achados vão desde 98 Hz a 159 Hz nos indivíduos do sexo masculino e de 209 Hz a 242 Hz nas mulheres. Com relação a sentença adotada os valores tiveram um pequeno aumento, de 102 Hz a 161 Hz nos homens e nas mulheres de 226 Hz a 248 Hz. Esses corroboram com a literatura [11] que demonstra valores em patamares aproximados.

Os resultados observados nos participantes de números 13 e 20 são considerados elevados segundo correlatos teóricos [10] [11], pois os mesmos são do sexo masculino e ouvintes e mesmo assim a F0 ultrapassa a faixa de 150 Hz, entretanto esse aumento é justificado pelo fato desses indivíduos possuírem voz excessivamente aguda. Os valores extraídos nas crianças com perda auditiva são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. F0 de crianças com perdas auditivas. FONTE: os autores.

Nº	Sexo	Idade	F0 /a/	F0 frase
1	Masculino	10 Anos	398 Hz	409 Hz
2	Masculino	11 Anos	435 Hz	438 Hz
3	Feminino	7 Anos	293 Hz	298 Hz

Nas crianças de número 1 e 2, a elevada F0, deve-se a perda auditiva severa, por este motivo a fala dos mesmos torna-se lenta e pouco inteligível. Já na criança nº 3 o valor está mais aproximado da normalidade, pois esta criança tem o auxílio do Implante Coclear, tendo um ganho na audição [1]. Os valores extraídos nos adultos com perda auditiva são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. F0 de adultos com perdas auditivas. FONTE: os autores.

Nº	Sexo	Idade	F0 /a/	F0 frase
1	Masculino	17 Anos	231 Hz	235 Hz
2	Feminino	25 Anos	305 Hz	307 Hz
3	Feminino	15 Anos	288 Hz	291 Hz

Em ambos os sexos os valores extraídos foram elevados se comparados ao padrão esperado, tendo em vista que em surdos a frequência fundamental da voz é elevada, tanto no sexo masculino quanto no feminino [12], pois eles não possuem o *feedback* auditivo para monitorar a produção vocal que acaba sendo realizada com muito esforço [13]. Por conseguinte, ao analisar-se a aplicabilidade do sistema para a extração da F0 em crianças sem perdas auditivas, evidenciou-se correlação. Os padrões vocais esperados na infância estão acima de 250 Hz, com *pitch* agudo [10], logo, os valores obtidos no presente estudo estão de acordo com a literatura.

Destaca-se que dois participantes (números 3 e 4) estão na fase da puberdade, onde há um decréscimo gradual desse parâmetro [4] [10] [11], conforme apresenta a Tabela 4.

Para todas as categorias analisadas os valores obtidos com o sistema implementado em FPGA estão de acordo com outros estudos que abordam o padrão vocal da frequência fundamental da voz tanto de indivíduos ouvintes quanto de indivíduos que apresentam algum tipo de perda auditiva e complicações no desenvolvimento da oralidade[1] [4] [5], e tais pesquisadores utilizaram outras técnicas vigentes com apoio de *softwares* para extração os resultados são semelhantes [8] [10] [11].

Mesmo em função do pequeno número de casos analisados e alcance do estudo, nota-se que em todos os experimentos realizados a utilização do sistema configurado no FPGA mostrou-se como uma alternativa viável, sendo ainda de baixo custo para a

implementação de sistemas de Processamento Digital de Sinais de Voz.

Tabela 4. F0 de crianças sem perdas auditivas. FONTE: os autores.

Nº	Sexo	Idade	F0 /a/	F0 frase
1	Feminino	7 Anos	264 Hz	271 Hz
2	Feminino	10 Anos	253 Hz	255 Hz
3	Masculino	13 Anos	175 Hz	180 Hz
4	Feminino	12 Anos	228 Hz	235 Hz
5	Masculino	10 Anos	252 Hz	255 Hz
6	Masculino	8 Anos	275 Hz	283 Hz
7	Masculino	6 Anos	287 Hz	288 Hz
8	Feminino	8 Anos	262 Hz	265 Hz

#### 4. Conclusões

Os resultados encontrados com a extração da frequência, seu processamento e armazenamento no kit didático utilizado foram considerados satisfatórios. Os dados obtidos, quando comparados com os valores de referência destacados na literatura, possibilitam destacar que o sistema implementado em FPGA para realizar a captura e cálculo da frequência fundamental da voz atende as necessidades para o qual foi projetado.

Com a aplicação proposta, que merece ser ampliada, espera-se contribuir em estudos posteriores para o aperfeiçoamento das técnicas de avaliação, terapia e correção de características da fala. Os resultados encontrados, mesmo que em curto período e com um pequeno número de testes, mostraram que os valores da F0 estimados estão dentro dos padrões esperados para os grupos e o quanto o melhoramento deste estudo pode contribuir significativamente no processo de estimular em trabalhos acadêmicos, pesquisas que promovam alternativas viáveis no desenvolvimento de novos dispositivos de análise e correção de características vocais, sobretudo em pessoas com deficiência auditiva.

#### Bibliografia

- [1] Alves, R. L.; Soares, A. M. J.; Freire, R. C. S.; Lima, C. M. G. S.(2016) Synthesizable and prototypic visual-tactile system-in FPGA: an alternative to analysis and improvement of the voice quality for the hearing impaired people. *Revista Holos*, n. 32, v. 02. DOI: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.4086>.
- [2] Costa, N. T. (2016) *Audibilidade para fala e reconhecimento de fala em crianças com deficiência auditiva*. Tese (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo.
- [3] Reis, D. S. (2013) *Formação docente e educação de surdos: um encontro com a diferença, cultura e identidade surda*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho.
- [4] Bevilacqua, M. C.; Martinez, M. A. M.; Balen, S. A.; Pupo, A. C.; Reis, A. C. M.; Frota, S. (2011) (Orgs.). *Tratado de Audiologia*. 880p. São Paulo: Editora Santos.
- [5] Kremer, R. L.; Gomes, M. L. (2014) A eficiência do disfarce em vozes femininas: uma análise da frequência fundamental. *ReVEL* v. 12, n. 23. <http://www.revel.inf.br>. Acesso em 22/10/2017.
- [6] Christmann, M. K.; Brancalioni, A. R.; Freitas, C. R.; Vargas, D. Z.; Keske-Soares, M.; Mezzomo, C. L.; Mota, H. B. (2015) Uso do programa MDVP em diferentes contextos: revisão de literatura. *Rev. CEFAC*, 17(4): 1341-1349.
- [7] Silva, L. M. D. *Proposta de arquitetura em hardware para FPGA da técnica Q-learning de aprendizagem por reforço* (2016). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- RN.
- [8] Alves, R. L. *Correção da Frequência Fundamental da Voz por meio da Realimentação Tátil e Visual*. Tese (Doutorado). Universidade do Minho, Braga: 2016.
- [9] Espindola, B. M. (2011). *Desenvolvimento e uso de módulos para processamento de sinais em FPGA*. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Santa Catarina.
- [10] Behlau, M.; Madazio, G.; Feijó, D.; Pontes, P. (2001). Avaliação de voz. In: Behlau, M., Organizadora. O livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter, p.85-245.
- [11] Behlau, M. S.; Tosi, O. Pontes, P.L. (1985). Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura ("Jitter") e intensidade ("Shimmer"), para falantes do português brasileiro. *Acta AWHO*; 4:5-9.
- [12] Barros, A. T. (2004). *Estimulação Tátil aplicada ao ensino da fala*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande.
- [13] Lejska, M. (2004). Voice field measurements: a new method of examination: the influence of hearing on the human voice. *J Voice*, 18(2):209-15.

# Promovendo a Inclusão Social e o Empoderamento das Mulheres através do Conhecimento em Ciência da Computação

Josilene Aires Moreira<sup>1</sup>, Giorgia de Oliveira Mattos<sup>2</sup>  
{josilene, giorgia}@ci.ufpb.br

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas e Computação, <sup>2</sup>Departamento de Informática  
Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba

**Resumo:** A maioria dos estudantes matriculados em cursos superiores no Brasil em 2015 foram mulheres (55,6%). Entretanto, analisando-se as áreas de ingresso, verifica-se uma polarização entre as escolhas: elas predominam nas áreas ligadas ao cuidado; eles prevaem na área de tecnologia. O objetivo do projeto Meninas na Computação é promover a equidade de gênero na área da Ciência da Computação, alterando esta realidade. São conduzidas oficinas de robótica, programação, desenvolvimento de aplicativos e debates sobre gênero e tecnologia com as alunas de escolas públicas da Paraíba. De acordo com as alunas, as principais barreiras para o ingresso em Computação são a falta de conhecimento sobre o tema, a perpetuação do paradigma de que tecnologia é 'coisa de homem' e o preconceito.

**Palavras-chave:** Empoderamento feminino, Equidade de Gênero, Computação.

## 1. Introdução

De acordo com o Censo da Educação Superior, a maioria dos estudantes matriculados em cursos superiores no Brasil em 2015 eram mulheres: do total de 8,3 milhões elas correspondem a 55,6%. Elas também superam os homens em número de ingressantes (53,9%) e de concluintes (59,9%). Apesar destes números, os homens ocupam a maioria dos espaços que proporcionam maior poder, maior prestígio e maior valor social, o que se reflete na distribuição de renda [2].

Quando analisamos os cursos e áreas de ingresso, verificamos uma polarização entre as escolhas masculinas e femininas: elas predominam nas áreas tipicamente ligadas ao cuidado, enquanto eles predominam nas áreas de tecnologia [3]. Entre os dez maiores cursos de graduação em número de matrículas por sexo, as mulheres são maioria em Pedagogia, Enfermagem, Psicologia, Serviço Social, Gestão de Pessoas, Fisioterapia e Arquitetura, enquanto os homens são maior número em Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Formação de Professor em Educação Física, Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Engenharia Elétrica<sup>1</sup> [1].

Analisando os dados dos estudantes matriculados na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no período 2016.2, verifica-se esta realidade. Entre os dez cursos com maior percentagem de mulheres encontram-se Serviço Social, Psicopedagogia, Enfermagem, Pedagogia e suas derivações (Licenciatura em Pedagogia e Pedagogia à Distância), Nutrição, Secretariado, Terapia ocupacional, Fonoaudiologia e Letras, todos ligados a áreas tipicamente femininas. Já os homens predominam nos cursos de Regência de bandas, Engenharia mecânica, Engenharia de Computação, Ciência da Computação, Física, Ciência da Computação, Sistemas de Informação, Engenharia Elétrica e Música, conforme mostra a Figura 1 [4].

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho, serão necessários mais de 70 anos para que as disparidades salariais sejam completamente eliminadas, se as atuais tendências se mantiverem. Dessa forma, ser desenvolvidos esforços que combatam a segregação se-

torial e profissional [5]. Os estereótipos de gênero condicionam cultural e socialmente as mulheres a que assumam maiores responsabilidades nos cuidados, trabalhem mais horas por dia e façam mais serviços não-remunerados. Estes fatores limitam as possibilidades de superar a segregação e de participar em pé de igualdade com os homens na vida política, social e econômica, assim como de alcançarem posições de liderança [6].

Percebe-se ainda que, nos cursos ligados a Ciência e Tecnologia, particularmente na área da Computação, há uma predominância masculina que chega a atingir 86% em alguns casos. Para que aconteça uma mudança nesta realidade é necessário investir na educação inclusiva, conscientizando as mulheres que elas são tão capazes de atuar na área de Ciência e Tecnologia quanto os homens, proporcionando liberdade de escolha e evitando limitá-las a 'nichos' considerados femininos. O projeto *Meninas na Computação* trabalha exatamente com o objetivo de promover a inclusão feminina na Ciência e Tecnologia, impulsionando a equidade de gênero e melhores condições sociais e econômicas para as mulheres.

Este artigo apresenta um estudo sobre as barreiras que dificultam a opção das alunas do Ensino Médio pela área de tecnologia, especialmente a área de Computação. Foram investigadas as escolhas profissionais das meninas de uma das escolas de atuação do projeto, revelando alguns importantes fatores sociais e culturais que limitam e condicionam a liberdade de escolha destas alunas.

## 2. Metodologia

Esta pesquisa classifica-se como pesquisa-ação exploratória, a qual pode ser compreendida como uma ação que visa mudanças na realidade concreta com uma participação social efetiva. Seus resultados estão vinculados à tomada de consciência dos fatores envolvidos nas situações de vida imediata e na participação coletiva para a mudança da ordem social [7]. O percurso metodológico envolveu os seguintes passos:

<sup>1</sup> Administração, Direito e Ciências Contábeis estão entre os dez cursos onde há maior equilíbrio entre homens e mulheres.

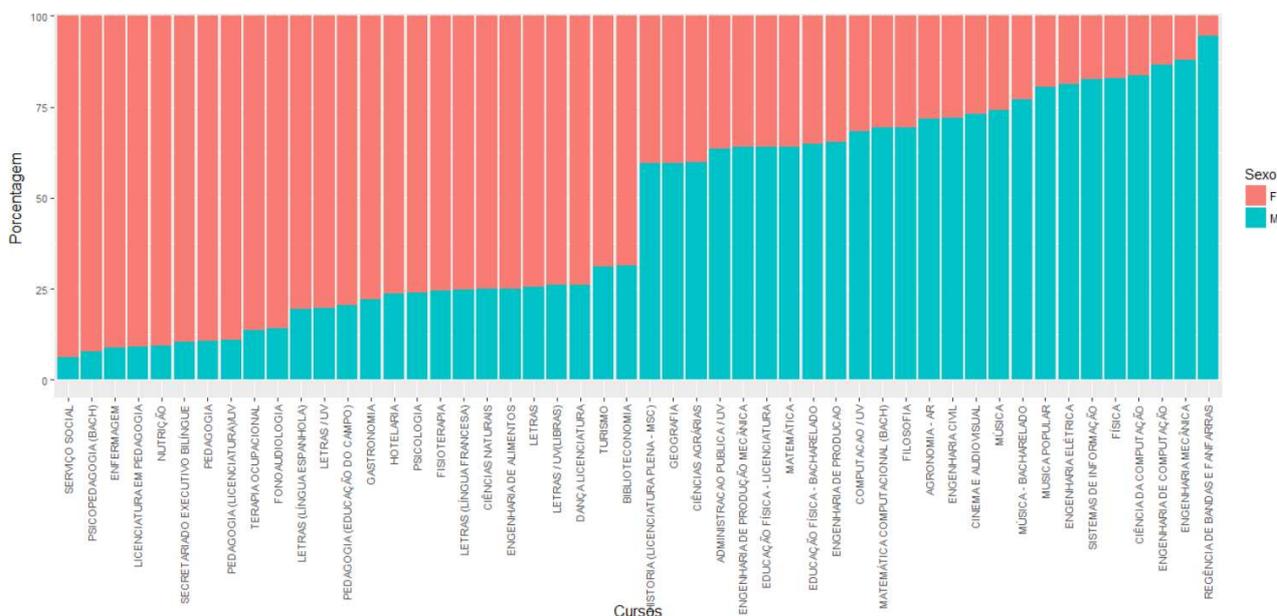


Figura 1: Cursos com predominância masculina e feminina na UFPB. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em [4].

- Pesquisa bibliográfica em periódicos e conferências nacionais e internacionais sobre equidade de gênero na Ciência e Tecnologia e sobre estratégias utilizadas para a inserção feminina na Computação.
- Palestras e debates sobre as escolhas profissionais realizadas com as alunas de ensino médio da Escola Técnica Estadual João Pereira Gomes Filho.
- Aplicação de questionários para conhecimento das escolhas profissionais das alunas envolvidas.
- Análise dos resultados.

### 3. O Projeto

O Projeto Meninas na Computação nasceu em 2014 através da aprovação de proposta na chamada pública *Meninas e jovens fazendo Ciências Exatas, Engenharias e Computação (18/2013/MCTI/CNPq/SPM/Petrobras)*. Tem como objetivo incentivar o ingresso de alunas do Ensino Médio do Estado da Paraíba (Quadro 1) nas carreiras de Ciência da Computação, através do estudo sobre: (i) quais fatores condicionantes influenciam as escolhas femininas sobre carreiras e áreas de atuação tanto no Brasil como no mundo; (ii) que estratégias estão sendo utilizadas globalmente para promover a equidade de gênero na ciência e tecnologia; e (iii) como aplicar no nosso estado e na nossa realidade as estratégias estudadas.

O projeto atua nas escolas públicas estaduais de ensino médio desde 2014, tendo iniciado apenas com a escola Matheus Augusto de Oliveira, conforme normatizava o edital do CNPq. Ao longo do tempo, a abrangência ampliou-se, chegando a atuar em escolas do interior da Paraíba e da fronteira com Pernambuco, além de uma escola do ensino Fundamental (9º ano), em Cabedelo.

As meninas são incentivadas a ingressar na área de tecnologia a partir da ministração de oficinas de capacitação envolvendo: (a) debates e discussões sobre questões relacionadas a gênero e tecnologia; (b) criação de aplicativos para dispositivos móveis; (c) programação;

(d) desenvolvimento de jogos, (e) robótica; e (f) visitas aos laboratórios do Centro de Informática e conhecimento dos seus projetos de pesquisa e desenvolvimento.

Quadro 1. Escolas de atuação do projeto Meninas na Computação.

Escola	Ano
Matheus Augusto de Oliveira Bairro dos Estados	2014
Escola Estadual Rebeca Simões Bairro Mangabeira	2015
	2016
	2017
Escola Técnica Estadual João Pereira Gomes Filho, Bairro Mangabeira	2016
	2017
Escola José Rocha Sobrinho Bananeiras	2016
Escola Liliosa Paiva Bairro Cristo	2016
Escola Municipal Paulino Siqueira Bairro Camalaú, Cabedelo	2017
Escola Frei Orlando Itambé, Fronteira PB/PE	2017

#### 3.1 Escolhas profissionais

Tomando como amostragem as alunas da Escola Técnica Estadual João Pereira Gomes Filho, uma escola inaugurada em 2016 e que conta com diversos laboratórios (química, física, robótica, entre outros), iremos apresentar alguns achados interessantes.

Quando questionadas se "Já pensaram na possibilidade de fazer um curso na área de Computação", cerca de 30% das alunas responderam que sim. Entretanto, quando perguntadas sobre a primeira opção de curso superior, apenas duas alunas escolheram as áreas de tecnologia em 2016, sendo uma Técnico em computação, e outra Engenharia (30 alunas do primeiro ano responde-

ram). Nove alunas escolheram áreas ligadas ao cuidado (Enfermagem, nutrição, psicologia).

Isto mostra que, embora elas tenham considerado a possibilidade de ingressar em Computação, elas continuam optando pelas áreas tradicionalmente femininas, ou aquelas onde há maior equilíbrio no mercado de trabalho (nove alunas escolheram Direito e quatro, Medicina; porém estas são áreas onde existe maior equilíbrio entre o número de homens e mulheres atuando).

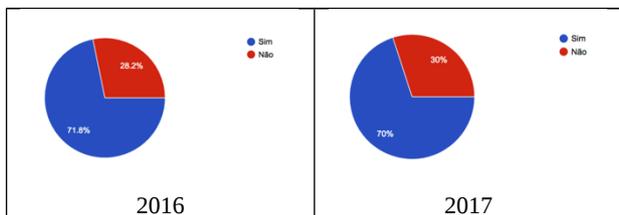


Figura 2: Possibilidade de ingressar na área de computação. Fonte: dados da pesquisa.

Já em 2017, dezessete alunas do segundo ano do ensino médio responderam ao nosso questionário inicial. Destas, uma respondeu desejar ingressar em Ciência da Computação, e a segunda, em Engenharia da Computação. A aluna que decidiu ingressar em Ciência da Computação é a mesma que havia optado por Técnico em Informática. Antes de conhecer o projeto, a aluna não tinha perspectiva de ingressar no ensino superior; entretanto, a sua perspectiva de vida mudou ao conhecer as alunas que trabalham no Meninas na Computação, ampliando a sua visão para a possibilidade de cursar o ensino superior. Das 22 alunas do primeiro ano que responderam ao questionário, apenas duas referiram desejar ingressar em Engenharias (Civil e Química), resultado similar a 2016.

De fato, as mulheres conquistaram alguns direitos civis, sociais e políticos antes nominalmente próprios dos homens. Entretanto existem algumas permanências, repaginando-se na antiga divisão sexual, que estabeleceu espaços, atividades e valores distintos e assimétricos para homens e mulheres, como afirma Bourdieu [6]. Um dos aspectos que demonstram a permanência são as escolhas de cursos em instituições de ensino superior. Nesses cursos há uma relação desigual, e assim há uma aceitação e adesão inconsciente das regras pelos estudantes, graças ao “habitus”, uma “ideologia” de uma estrutura psicossomática que corporifica e internaliza a disposição de dominar ou ser dominado/a.

Existe uma violência simbólica, “invisível” e “insensível”, que funciona de forma que acreditamos que pensamos e agimos livremente mas respondemos a interesses, preconceitos, opiniões e pressões alheias. É nesse contexto que há uma diferenciação de gênero na escolha de áreas de atuação, onde o sistema de ideias e valores coloca o homem como o centro e visa perpetuar o status subalterno das mulheres [6].

### 3.2 Barreiras que impedem a opção das meninas pelas Ciências Exatas e Computação

A partir das trinta meninas que responderam NÃO sobre a possibilidade de ingressar em Computação (2016), procuramos investigar as razões que as levaram a pensar dessa forma, obtendo nove respostas. O maior fator en-

contrado foi "Falta de conhecimento na área" (5 alunas) e "Não gosto de matemática" (4 alunas).

Nosso projeto trabalha exatamente na vertente de mudança da alegação "Falta de conhecimento na área". Através das oficinas de capacitação em diversas áreas da Computação, todas relacionadas direta ou indiretamente à programação, procuramos promover o empoderamento feminino através do conhecimento. A pesquisa realizada em [8], a qual corrobora a nossa investigação, mostra que uma grande parcela dos meninos que ingressam em Computação já tem noções básicas ou experiência anterior de programação, enquanto que as meninas raramente a possuem. Dessa forma, acreditamos que capacitar as meninas e desenvolver seus conhecimentos nesta área é uma forma de promover a equidade de gênero, ampliando as suas possibilidades de escolhas profissionais e de progresso econômico e social.

Em seu mais recente relatório a Organização Internacional do Trabalho concluiu que as disparidades salariais de gênero estão em torno de 23%, significando que, globalmente, as mulheres recebem 77% do que ganham os homens [5]. Esta disparidade se deve em parte a práticas discriminatórias e à subavaliação do trabalho das mulheres, mas também à permanência delas em profissões historicamente de predominância feminina. A OIT recomenda ainda: "Para reduzir a segregação profissional, os sistemas de educação devem promover o acesso das mulheres tanto nas escolas como no exercício profissional às áreas das ciências, tecnologia, engenharia, matemática e competências relacionadas".

### 3.3 Existe discriminação em relação à atuação feminina na Computação?

Quando as mesmas trinta alunas do primeiro ano desta escola foram submetidas à seguinte pergunta: "Você acha que a mulher pode sofrer algum tipo de preconceito ou discriminação por escolher atuar na área de Computação", obtivemos 33,3% (10) respostas SIM, enquanto 50% afirmaram nunca ter pensado sobre isto e 16,7% responderam que NÃO.

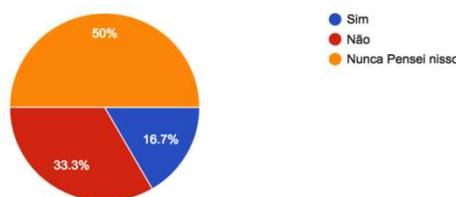


Figura 3: Você acha que existe preconceito ou discriminação contra as mulheres que atuam em Computação? Fonte: dados da pesquisa.

Indagamos às dez alunas que responderam SIM qual o tipo de preconceito que elas imaginavam enfrentar, obtendo as seguintes respostas:

- (A1) Por acharem que computação é só para homem.
- (A2) Que só homens seriam capacitados para a profissão.
- (A3) Por pensarem que ela não tem capacidade.
- (A4) Porque as pessoas diminuem a mulher, acham incapaz.

Ao repetir a questão para as dezessete alunas do segundo ano em 2017, 70% delas responderam que sim, acham que haveria discriminação. As razões citadas foram:

- (B1) *Machismo* (cinco alunas).
- (B2) *Acham que não temos capacidade para a área.*
- (B3) *É um curso onde há mais homens, então há sim discriminação.*
- (B4) *Isso é coisa só de homem.*

Quando realizada a mesma pergunta em relação aos homens, nenhuma aluna respondeu que SIM, mostrando a percepção de tratamento desigual sentido pelas meninas, o que representa uma barreira adicional para elas ingressarem na área.

Os estudos de Amaral [9] e Oliveira [10] relatam as discriminações sofridas por estudantes de computação. Alunas do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação relatam ter enfrentado situações de discriminação de gênero por parte do corpo docente e de profissionais recrutamento. Professores falavam que "*mulher não tem capacidade de fazer esse curso*" ou "*meninas não vão para a frente neste curso*". Relatam também a importância de discussões sobre gênero e computação: "*A gente já estava bem desmotivada quando aconteceu um evento para discutir o tema e motivou a gente*" [9].

#### 4. Conclusões

A desigualdade de gênero na Ciência e Tecnologia e nas profissões relacionadas às áreas de exatas é uma realidade no Brasil e no mundo. As mulheres continuam a perpetuar as escolhas das áreas de atuação às profissões consideradas femininas, evitando adentrar-se no campo tradicionalmente masculino do conhecimento, seja por insegurança, falta de conhecimento ou por barreiras desconhecidas impostas pela dominação masculina.

O processo de conscientização feminina sobre a livre escolha das profissões e das áreas de atuação é um trabalho lento, árduo e a longo prazo. Perpassa pela educação e necessita do apoio de toda a sociedade, que precisa tornar-se consciente de que não existe igualdade de gênero nas profissões, nem equidade no trabalho.

O projeto Meninas na Computação tem trabalhado em escolas da Paraíba a fim de, através da educação e capacitação em Informática, mudar esta realidade, impactando e promovendo mudanças nas vidas das alunas envolvidas. Como proposta de pesquisa futura esperamos realizar análises mais detalhada dos dados coletados através de técnicas de análise do discurso e correlação estatística, a fim de contribuir para a compreensão deste fenômeno e propiciar mudanças que causem impacto positivo no futuro das mulheres.

#### Bibliografia

- [1] INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2016) Sinopse Estatística da Educação Superior 2015. Brasília - DF.
- [2] IPEA (2011) Retrato das desigualdades de gênero e raça. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 4ª ed., Brasília.
- [3] Olinto, G. (2012). A inclusão das mulheres nas carreiras de ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, 5(1).
- [4] STI - Superintendência de Tecnologia da Informação, (2017). Universidade Federal da Paraíba.
- [5] OIT (2016) Mulheres no Trabalho: Tendências 2016. Organização Internacional do Trabalho, Genebra. Disponível [http://www.ilo.org/brasilia/publicacoes/WCMS\\_457096/lang-en/index.htm](http://www.ilo.org/brasilia/publicacoes/WCMS_457096/lang-en/index.htm)
- [6] Bourdieu, Pierre (2002). A dominação masculina. Ed. 2. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- [7] Barbier, R. (1985) A Pesquisa-Ação na Instituição Educativa. Rio de Janeiro: Zahar.
- [8] Moreira, Josilene Aires; Silva, Danielle R. D.; Sales, A. S. (2016). Diferenças de Gênero na Avaliação da Disciplina de Programação dos Cursos de Ciência da Computação: Um Estudo de Caso na UFPB. In: *Gêneros, Feminismos, Poderes e Políticas Públicas: Investigações Contemporâneas*. 1ª edição. Realize, v.1. ISBN: 9788561702410.
- [9] Amaral, M. A., Emer, M. C. F. P., Bim, S. A. S, Gomes, M., Gonçalves, M. M. (2017). Investigando questões de gênero em um curso da área de Computação. *Revista Estudos Feministas*, 25(2). <https://dx.doi.org/10.1590/1806-9584.2017v25n2p857>.
- [10] Oliveira, A. C., Moro, M. M., & Prates, R. O. (2014). Perfil feminino em computação: Análise inicial. In XXIV Congresso da Sociedade Brasileira da Computação – CSBC.

## Relato de Experiência Sobre o Aprendizado de Introdução à Renderização Baseada em Física em um Curso de Graduação da Área de Computação

Pedro Henrique Villar de Figueirêdo  
Centro de Informática  
Universidade Federal da Paraíba  
pedrofigueiredo@lavid.ufpb.br

**Resumo:** Este artigo apresenta um relato da experiência do estudo da disciplina de Introdução à Renderização Baseada em Física (IRBF) em um curso de graduação da área de computação. Ao longo deste trabalho, é ressaltada a importância da disciplina na motivação dos alunos e no combate à evasão escolar. Também é traçado um paralelo entre os conceitos abordados ao longo da disciplina e as disciplinas estudadas ao longo do curso de graduação. Ao final, discutem-se os pontos positivos e negativos da experiência e são apresentadas sugestões para as futuras ofertas da disciplina de IRBF.

**Palavras-chave:** *Renderização, Didática, Computação Gráfica.*

### 1. Introdução

A evasão escolar é problema recorrente em cursos de computação [1][2][3]. O desestímulo dos alunos durante os semestres iniciais é apontado como uma das causas principais desse fenômeno. Atribui-se uma parte significativa desse problema às disciplinas introdutórias do curso, tais como cálculo e física, pelo fato de terem cunho mais teórico e serem apresentadas, muitas vezes, de forma desconectada ao tema central do curso.

Diversos métodos vêm sendo testados com o objetivo de minimizar a evasão nesses cursos [4]. Dentre eles, pode-se citar a implantação de disciplinas de caráter mais prático e interdisciplinar em seus cronogramas. O estudo da renderização baseada em física (RBF), ou seja, da geração de imagens através da simulação física da propagação de energia luminosa, apresenta-se como uma opção interessante nesse sentido devido a diversos fatores. Primeiramente, o problema do RBF é naturalmente interdisciplinar, envolvendo, para sua formalização, conhecimentos de cálculo e de física. Para a implementação eficiente de sistemas de RBF, são necessários, ademais, conhecimentos de algoritmos, probabilidade e estruturas de dados. Em estágios de implementação mais avançados, esses sistemas requerem conhecimentos avançados de arquiteturas de computadores e processamento paralelo.

Colocando-se à parte todo o conhecimento técnico envolvido no desenvolvimento de sistemas de RBF, o assunto se demonstra estimulante também em função das imagens extremamente realistas que é capaz de gerar, além da atenção que tem recebido nos últimos anos em áreas como a de geração de efeitos especiais para o cinema, o projeto de novos produtos, arquitetura, renderização de jogos, entre outros. Assim, além da alta exigência técnica, o estudo da RBF qualifica o currículo profissional dos alunos ao colocá-los em contato com uma área do conhecimento que se encontra sob intensa investigação científica e cujo uso, pela indústria, está em franca expansão. Tendo isso em vista, ministrou-se pela primeira vez, na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em caráter opcional, a disciplina de Introdução

à Renderização Baseada em Física (IRBF) no segundo semestre de 2016.

Este artigo relata, do ponto de vista de um aluno, a experiência de ter cursado a disciplina de IRBF. Ainda, o artigo apresenta, ao seu final, uma breve discussão em relação aos pontos positivos e negativos desta experiência, bem como sugestões para as futuras versões da disciplina de IRBF.

### 2. Metodologia

De forma a contextualizar as análises e discussões neste artigo, discute-se inicialmente o problema da RBF, sua formulação, resolução e importância na atualidade. Em seguida, são apresentadas as características da disciplina de IRBF, tema deste relato, detalhando-se sua estrutura, sua apresentação, sua execução e seus métodos de avaliação utilizados. Apontam-se as relações dos conceitos e métodos envolvidos no estudo da RBF com as disciplinas presentes atualmente no currículo dos cursos de engenharia da computação da UFPB. Por fim, discute-se a experiência da disciplina, ressaltando os pontos positivos e negativos. Como também, sugerem-se mudanças para futuras turmas de IRBF.

### 3. Renderização Baseada em Física

A RBF é uma técnica para geração computacional de imagens que procura obter o máximo de realismo através da simulação da interação da luz com objetos da cena. Dentre as técnicas de RBF, destacam-se *Radiosidade* [5] e o *Path Tracing* [6]. Este trabalho se concentra especificamente na segunda técnica.

De maneira simplificada, o *Path Tracing* assume que a luz é representada por meio de partículas (fótons) e utiliza princípios de ótica geométrica para determinar como estes se propagam e interagem com os objetos da cena e o sensor da câmera. Estas simulações, apesar de computacionalmente caras, podendo levar horas para gerar uma única imagem, têm sido utilizadas com frequência crescente em aplicações que demandam renderizações realistas, mas sem interatividade. Um exemplo é o *Arnold Renderer*, renderizador baseado em física produzido pela *Solid Angle* [7] e utilizado em

filmes, como *Arrival* e *Logan* (Figura 1), e seriados de televisão, como *Game of Thrones* [8].



Figura 1 - Comparação entre referência do ator (à esquerda) e renderização feita pelo *Arnold Renderer* (à direita). Filme: *Logan* [7].

### 3.1. Equação de Rendering

Em 1986, James Kajiya e David Immel introduziram, simultaneamente, a Equação de Rendering (Equação 1). Essa equação determina a quantidade de luz que é transportada por um raio de luz refletido e, ou, emitido por um ponto de uma superfície em determinada direção. A quantidade de energia transportada pelo raio é descrita em Watts por unidade de ângulo sólido por unidade de área projetada.

De acordo com a equação, a radiância de um ponto ( $L_o$ ) em uma determinada direção é igual à energia emitida nesta direção ( $L_e$ ) somada à energia refletida nesta mesma direção ( $L_r$ ). A energia refletida ( $L_r$ ) por um ponto em determinada direção é uma função da quantidade de energia ( $L_i$ ) de todos os raios de luz incidentes neste ponto, do ângulo de incidência ( $\theta$ ) destes raios e das propriedades reflexivas do material ( $f_r$ ).

$$L_o = L_e + \int_{\Omega} L_i \cdot f_r \cdot \cos \theta \cdot d\omega \quad (1)$$

### 3.2. Resolução da Equação de Rendering através de Monte Carlo

Um dos métodos numéricos mais utilizados para resolução da Equação de Rendering (Equação 1), em função de sua performance no caso de integrais de múltiplas dimensões e generalidade, é o método de Monte Carlo [9].

De acordo com esse método, raios de luz são disparados, a partir da câmera, em direção à cena, percorrendo-a de forma randômica até eventualmente encontrarem a fonte de luz. Raios que eventualmente encontrem a fonte de luz irão contribuir para a iluminação dos pixels da imagem final.

### 3.3. O Alto Custo Computacional da Renderização Baseada em Física

O uso do método numérico que converge no infinito implica em serem necessários infinitos raios de luz para representar, de forma exata, a radiância de um pixel. Esse fato demonstra o alto custo computacional e explica a lentidão de se usar RBF.

Por outro lado, simplificações da física e técnicas de programação permitem acelerar esse processo,

tornando-o viável para as aplicações de hoje em dia. As simplificações vão desde a representação adaptada da radiância - que, naturalmente, permite uma quantidade infinita de cores - para o padrão RGB; até o uso quase sempre incompleto de fórmulas de refletâncias e refrações de materiais.

As técnicas de programação envolvem o uso do paralelismo para dividir o processamento de uma imagem em múltiplas *threads* e de árvores binárias em estruturas de aceleração como a Bounding Volume Hierarchy [10].

## 4. A disciplina de IRBF

Esta disciplina ocorreu pela primeira vez no segundo semestre de 2016, na UFPB. Segundo o cronograma do curso de engenharia da computação [11], essa pode ser cursada a partir do quarto período, visto que seus pré-requisitos incluem álgebra linear e estruturas de dados, que são ministrados no segundo e no terceiro semestres.

### 4.1. Organização da Disciplina

A disciplina de IRBF foi ministrada em aulas semanais, às sextas-feiras pela manhã, tendo três horas e meia de duração. Seu objetivo foi que cada grupo de dois alunos construísse um renderizador, desde o início, incrementando-o à medida em que fossem introduzidos os conceitos necessários. A avaliação foi constituída da implementação de onze etapas do renderizador, as quais foram publicadas e explicadas em blogs dos alunos destinados à disciplina.

Primeiro, fez-se uma introdução ao tema de RBF, com o intuito de motivar os alunos. Nessa introdução, mostrou-se o renderizador *Mitsuba Renderer* [12] e apontou-se como primeira etapa de avaliação a construção de uma cena qualquer que explorasse as ferramentas disponíveis.

A partir deste ponto, disponibilizou-se um esquema inicial simples de um renderizador *Ray tracer*, que não utiliza conceitos físicos sobre a propagação da luz (mais simples que o *Path Tracing*), escrito em C++, no qual os alunos se baseariam para construir seus próprios renderizadores. A segunda etapa de avaliação foi a construção de triângulos, já que, no projeto inicial, só havia a possibilidade de esferas.

A terceira e quarta etapa de avaliação foram implementar a câmera perspectiva Pinhole, para se ter profundidade nas imagens geradas, e a implantação de cores, juntamente com carregamentos de malhas de objetos quaisquer através da Biblioteca Assimp [13].

A partir da quinta etapa, começou-se a usar os conceitos de *Path Tracing* para construir a imagem final da renderização. Essa nova abordagem, em conjunto com a adição de dois tipos de materiais (difuso e fonte de luz), fez possível a renderização de uma cena padrão da computação gráfica: a *Cornell Box* (Figura 2). Usou-se uma resolução de 1024x1024px, 10 níveis de profundidade e 10.000 raios para cada pixel.

Para gerar a imagem da Figura 2 com as configurações indicadas, foi necessário resolver a equação de *rendering* aproximadamente  $1,05 \times 10^{11}$  vezes, representando um alto custo computacional. Pensando nisso, a sexta etapa de avaliação foi a implementação de múltiplas *threads*, que visou diminuir o tempo de renderização, o qual, no caso da Figura 3, foi de 26 horas para 10 horas, uma melhoria de 160%.

Como também, na oitava etapa, implementou-se a estrutura de aceleração intitulada *Bounding Volume Hierarchy* (BVH) [10], reduzindo o número de intercessões em uma cena para a ordem de  $\log_2 n$ , visto que se usam árvores binárias para mapear os objetos.



Figura 2 - Renderização da *Cornell Box* Clássica [14].

As etapas sete e nove envolveram a implementação de novos materiais: espelho, vidro e metal. Isso trouxe maior flexibilidade ao *renderer*, podendo representar uma gama maior de cenas. Entretanto, na disciplina, foi dado pouco tempo para o desempenho dessas etapas, resultando em boa parte dos alunos não conseguindo representar tais materiais em seus renderizadores.

As últimas duas etapas tiveram como foco o desenvolvimento de uma cena final da disciplina, que tem o objetivo de reunir os conceitos aprendidos em todo o semestre. A primeira corrige um problema de representação das cores na imagem final chamada compressão gamma [15]. A segunda explica a construção de tal cena. Usou-se uma resolução de 1024x1024px, 10 níveis de profundidade e 20.000 raios para cada pixel. Pode-se vê-la na Figura 3.



Figura 3 - Cena final da disciplina de IRBF [14].

## 4.2. Conceitos Explorados e Suas Relações com Disciplinas da Graduação

Para mapear a interdisciplinaridade de IRBF, fez-se uma tabela (Tabela 1) contendo alguns conceitos de outras disciplinas da graduação que são abordados para resolver o problema do *Path tracing*.

Tabela 1 - Interdisciplinaridade de IRBF [11].

Conceito Explorado	Disciplina de Graduação	Semestre Letivo
Distâncias entre pontos e retas	Cálculo Vetorial e Geo. Analítica	Primeiro
Transformações de base	Álgebra Linear	Segundo
Distribuição homogênea	Cálculo das Probabilidades I	Segundo
Uso de múltiplas threads	Linguagem Programação I	Segundo
Programação orientada a objetos	Linguagem Programação I	Segundo
Complexidade de algoritmos	Estruturas de Dados I	Terceiro
Construção e percorrimento de árvores binárias	Estruturas de Dados I	Terceiro

Como se pode ver na Tabela 1, os assuntos abordados remetem a disciplinas do início do curso consideradas difíceis. Os conceitos de física usados na disciplina não são vistos no curso de Engenharia de Computação da UFPB. Porém, esses são colocados em prática e se tem, portanto, maior facilidade em seu entendimento.

## 5. Discussão e Análise

Como foi a primeira vez que a disciplina de IRBF foi ministrada, é natural que hajam pontos a serem melhorados. Um deles é o formato das aulas. Essas se estendem por três horas e meia, apenas uma vez na semana, tornando-se cansativa por ser majoritariamente teórica. Há, também, a diminuição da frequência com o que o aluno é ensinado sobre o tema durante a semana, o que irá prejudicá-lo ainda mais com uma eventual falta. Uma abordagem com duas aulas semanais combateria os problemas citados e não teria alteração na carga horária.

Outro problema foi a distribuição de tempo para a entrega das etapas de avaliação. Na etapa de desenvolvimento do *Path Tracer* (5), deu-se um tempo bem maior que o necessário para a implementação, enquanto na implantação de novos materiais (7 e 9) faltou tempo para muitos alunos. Sugere-se o acompanhamento semanal do desempenho dos alunos por parte do professor, podendo-se adequar o cronograma de aulas de acordo com as dificuldades encontradas.

Além disso, uma grande parcela da disciplina é utilizada para explicar conceitos de física novos que serão usados para resolver o problema do *Path Tracing*, em vez de explorar os detalhes de sua implementação. Esse problema acontece para o curso de Engenharia de Computação da UFPB, mas pode não se estender para outros cursos de graduação da área de computação.

Por outro lado, o aprendizado de RBF estimula conhecimentos de diversas áreas vistas durante um curso de graduação da área de computação, como visto na Seção 4.2, que nem sempre recebem aplicações práticas.

O acompanhamento por meio de etapas avaliativas na disciplina se mostrou uma maneira eficaz de observar a progressão dos alunos, identificando as suas dificuldades e incentivando a cooperação entre os discentes para superar as metas estabelecidas ao longo do período.

Outrossim, a escolha de blogs como meio de persistência das avaliações torna-se útil para os alunos, mesmo depois de finalizada a disciplina, uma vez que esse pode ser divulgado facilmente como parte de sua experiência na graduação, assim como favorece a continuação do projeto do renderizador.

Ademais, por ser uma área em expansão, presente na vida dos alunos, o estímulo para estudar a resolução de tal problema é recorrente. Verifica-se, também, que a sua aplicabilidade no mercado de trabalho oferece uma possibilidade real para a desenvoltura de uma carreira profissional. Assim, coloca-se o IRBF como um agente que propicia a permanência do aluno no meio acadêmico, reduzindo a evasão.

## 6. Conclusão

Neste artigo, foi apresentado um relato de experiência sobre o aprendizado da disciplina de Introdução à Renderização Baseada em Física. Estudou-se o problema da RBF, relataram-se as etapas de tal experiência e discutiu-se os pontos positivos e negativos, apresentando a estes sugestões para futuras turmas de IRBF.

## Bibliografia

- [1] Baggi, S.; Lopes, D. A. (2011) Evasão e avaliação institucional no ensino superior: uma discussão bibliográfica. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 16(2): 355-374.
- [2] Silva Filho, R. L. L.; Motejunas, P. R.; Hipólito, O.; Lobo, M. (2007) A evasão no ensino superior brasileiro. *Cadernos de Pesquisa*, 37(132):6 41-659.
- [3] Xenos, M. (2004) Prediction and assessment of student behaviour in open and distance education in computers using Bayesian networks. *Computers & Education*, 43(4):345-359.
- [4] Gilioli, R. S. P. (2016) Evasão em instituições federais de ensino superior no Brasil: expansão da rede, SISU e desafios. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 35-36. Disponível em: [http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema11/2016\\_7371\\_evasao-em-instituicoes-de-ensino-superior\\_renato-gilioli](http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema11/2016_7371_evasao-em-instituicoes-de-ensino-superior_renato-gilioli). Acesso em 10/12/17.
- [5] Goral, C.; Torrance, K.; Greenberg, D.; Battaile, B. (1984) Modeling the interaction of light between diffuse surfaces. *Computer Graphics*, 18(3): 213-220.
- [6] Kajiya, J. (1986) The Rendering Equation. *Computer Graphics*, 20(4): 143-150. Proc. of SIGGRAPH'86.
- [7] Solid Angle Gallery. <https://www.solidangle.com/gallery/>. Acesso em 28/10/17.
- [8] Arnold. <https://www.solidangle.com/arnold/>. Acesso em 29/10/17.
- [9] Catfish R. E. (1998). Monte Carlo and quasi-Monte Carlo methods. *Acta Numerica* cap.7: 1-49 Cambridge University Press.

- [10] Stich, M.; Friedrich, H.; Dietrich, A. (2009) Spatial splits in bounding volume hierarchies. HPG '09 Proceedings of the Conference on High Performance Graphics 2009, p. 7-13. ACM New York.
- [11] Plano de Curso de Engenharia de Computação. <http://ci.ufpb.br/cursos-graduacao/plano-de-curso-de-engenharia-de-computacao/>. Acesso em 10/12/17.
- [12] Mitsuba Renderer. <https://www.mitsuba-renderer.org>. Acesso em 10/12/17.
- [13] Assimp Documentation. [http://assimp.sourceforge.net/main\\_doc.html](http://assimp.sourceforge.net/main_doc.html). Acesso em 10/12/17.
- [14] Logon Renderer Project. <https://logonrenderer.wordpress.com>. Acesso em 10/12/17.
- [15] Smith, A. R. (1995) Gamma Correction. Microsoft Technical Memo 9. Online: <https://pdfs.semanticscholar.org/b9b8/bb2541fb303d6b9ae9023ecc6e473aa3e490.pdf>. Acesso em 10/12/17.