

# Leo3D - Uma ferramenta híbrida para o ensino de óptica geométrica

André L. A. Di Salvo<sup>1,2\*</sup>    Adriane B. S. Serapião<sup>3</sup>    Francisco F. G. de Sousa<sup>1</sup>    Fábio Brazier<sup>1</sup>  
Cleonice M. da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Brasil



Figura 1: Tela inicial - Leo3D Alpha 1.0

## RESUMO

Jogos educativos têm como premissa mediar o processo de ensino/aprendizagem, porém, mesmo com o avanço nas tecnologias de informação e comunicação e o uso cada vez maior de ambientes digitais, o seu uso ainda é pequeno e a sua eficiência pouco comprovada. Diversos são os fatores que contribuem para isso, entre eles, a falta de bons jogos sem erros conceituais, com boa qualidade gráfica e que tenham sido avaliados do ponto de vista pedagógico em sala de aula. Adicionalmente, metodologias de desenvolvimento que não foram pensadas para esse tipo de software ou que não integram uma equipe multidisciplinar em seu processo podem contribuir para a não utilização em sala de aula. Frente a estes expostos, o presente trabalho tem como objetivos: i) apresentar a versão Alpha 1.0 do Leo3D, um jogo educacional 3D voltado para o ensino de óptica geométrica (explorando os conteúdos de propagação, reflexão e refração da luz, objetos e cores, e espelhos planos e esféricos), o qual foi pensado e desenvolvido utilizando Design Participativo; ii) indicar os resultados qualitativos de uma avaliação do software realizada por professores de física e pelos membros envolvidos no processo de desenvolvimento; iii) assinalar uma análise dos requisitos mínimos de hardware necessários para execução da ferramenta.

**Palavras-chave:** jogos sérios, jogos educativos, óptica geométrica, física, design participativo.

## 1 INTRODUÇÃO

Não é de hoje que os estudantes consideram a disciplina de Física uma das mais difíceis de serem compreendidas. Um dos motivos são os inúmeros conceitos, princípios, leis e equações, que na maioria das vezes são memorizados ao invés de serem compreendidos [11]. Essa mesma retórica já fora exposta por Ricardo e Freire [22], no qual em um estudo a respeito da concepção dos alunos sobre a Física no ensino médio em escolas de Brasília-DF, mostrou que a maior parte dos alunos não gostam de estudar a disciplina. Um dos principais motivos são os cálculos e o conteúdo cansativo. Além

\*e-mail: andre.amaral@ifsuldeminas.edu.br

disso, os autores perceberam a dificuldade dos alunos em relacionar a física com o cotidiano e/ou tecnologias.

Segundo Parreira *et al.* [19], um dos problemas na aprendizagem de Física é a dificuldade em visualizar os fenômenos em imagens estáticas representadas em livros e desenhos, principalmente no conteúdo de Óptica Geométrica. Neste contexto, o uso de ferramentas digitais, como por exemplo jogos educativos, podem auxiliar o processo de ensino/aprendizagem.

O uso de jogos como ferramenta didática não é algo novo e já foi utilizado por Aristóteles no ensino de ciências como Matemática e Filosofia [3]. Jogos com características educacionais são comumente chamados de Jogos Sérios (JS) e de acordo com Alvarez *et al.* [1] são aplicativos que mesclam características de ensino, aprendizagem, comunicação e informação com a interação proporcionada por jogos de entretenimento – video games.

Alguns pesquisadores já estão atentos ao uso desta tecnologia. Hookway *et al.* [9] desenvolveram um jogo 3D sobre eletromagnetismo para alunos do ensino médio. Os autores concluem que o uso de JS podem levar a resultados positivos de aprendizagem. Além disso, sugerem que sejam aplicados de forma integrada a outras atividades, como por exemplo, atividades práticas. Outro estudo envolvendo jogos foi realizado por Pereira [20], porém, nesse caso foram utilizados jogos de tabuleiro – Conhecendo a Física e Ludoestática. Ao final da pesquisa, o autor concluiu que os jogos possuem um grande potencial no processo de ensino/aprendizagem e que ainda há muito o que se trabalhar.

O jogo deixou de ser só uma brincadeira assumindo dimensões maiores devido à sua capacidade de despertar o interesse e a motivação [21]. Vários autores corroboram com o potencial dos jogos na educação, entre eles, [8], [2], [6] e [13], que consideram os jogos como uma poderosa ferramenta capaz de estimular o aprendizado. Lope *et al.* [14] afirmam que jogar, brincar e divertir são atividades prazerosas que desenvolvem habilidades físicas, cognitivas e sociais.

Em 2014, o *New Media Consortium*, um grupo de especialistas internacionais com membros nas áreas de tecnologias educacionais que trabalham em universidades, museus e outras instituições (principalmente americanas), concluiu em seu relatório anual que os jogos estão se tornando cada vez mais importantes como ferramenta de aprendizagem educacional [10].

Apesar do potencial e dos benefícios já destacados na literatura,

os JS ainda são pouco utilizados em sala de aula. Um dos motivos para isto é a dificuldade de encontrar bons jogos que atendam aos princípios pedagógicos e agregam valor às aulas [23]. Adicionalmente, esses jogos são muito mais simples que os jogos comerciais e isso não atrai a atenção dos alunos, acostumados à sofisticação de ambientes e recursos gráficos. Outro fator que corrobora com a pouca utilização dos jogos em sala de aula é o seu caráter lúdico e, segundo Fialho [6], é possível verificar que até hoje estudos e brincadeiras ocupam espaços distintos na educação. O recreio sempre foi considerado um momento de recreação enquanto a sala de aula, um momento destinado exclusivamente para o estudo.

Frete aos expostos, este trabalho tem como objetivos apresentar o Laboratório de Ensino de Óptica 3D – Leo3D (Figura 1), o seu processo de *design*, uma avaliação qualitativa realizada pela equipe que participou no desenvolvimento do projeto e por professores de Física e os requisitos mínimos de *hardware* necessários para a execução do *software*.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Mesmo não sendo amplamente utilizados em sala de aula, os jogos educacionais já são objetos de estudos a vários anos. Em 2014, Karlini e Rigo [12] apresentaram o ABCLINGO, um jogo digital voltado ao letramento. O diferencial deste jogo frente a outros com a mesma finalidade é a possibilidade de análise dos dados do jogador, por meio de técnicas de mineração de dados, durante a ação de jogar. Apesar de apenas um protótipo ter sido desenvolvido, os autores concluíram como sendo viável a construção de jogos digitais com geração de dados de uso que podem fornecer um *feedback* aos professores da ação de cada aluno no ambiente, permitindo assim um atendimento específico e pontual, identificando as dificuldades individualmente.

Ainda em 2014, explorando o potencial dos Jogos Olímpicos Rio 2016, o Olympia 3D foi proposto por Franco [7]. O jogo aborda a origem histórico-mitológica dos Jogos Olímpicos e do atletismo. Mesmo não tendo todas as fases concluídas, o jogo foi testado e avaliado por alunos do ensino fundamental de uma escola pública. Os resultados mostraram que os alunos aprovaram a iniciativa apesar da assimilação conceitual dos conteúdos ter sido considerada apenas parcial.

Em 2011, Machado *et al.* [15] apresentaram o Kinble, um jogo 3D com a finalidade de preparar os alunos para o vestibular. Movimentando um robô (Kinble) por meio de um ambiente 3D, o jogador deve responder a diversas perguntas de múltipla escolha que são apresentadas. A cada acerto, o jogador recebe moedas que ajudam a manter o robô vivo e avançar no jogo.

Além dos jogos digitais, estudos envolvendo jogos de tabuleiro e cartas também são encontrados na literatura. Entre eles, podem-se destacar Carlos *et al.* [4] que apresentaram uma proposta para o ensino de química utilizando-se de cartas, painéis e marcadores.

Especificamente na área de Física, além dos jogos supracitados, podemos citar o *Newton's Playground*, que tem como principal objetivo elucidar as três Leis de Newton [20]. Especificamente para o conteúdo de óptica geométrica, poucos estudos foram encontrados. Entre eles, Parreira *et al.* [19] apresentam uma ferramenta de realidade virtual para o estudo de espelhos planos e esféricos. Na *Global Game Jam*<sup>1</sup> 2017, dois jogos que abordam óptica geométrica foram apresentados, porém, sem comprovação científica da sua efetividade em sala de aula. São eles: i) *Lights*, que desafia o participante a resolver questões de óptica utilizando conhecimentos sobre lentes, espelhos, prismas e filtros de cor; ii) *A Game About Lights*, no qual o jogador deve fazer com que uma luz emitida passe de um ponto para outro na tela. Essa escassez de jogos na área de Física pode ser comprovada ao realizar uma busca no site do *Serious Games Institute*<sup>2</sup>, que não retornou nenhum jogo ou publicação direcionada ao

<sup>1</sup><http://globalgamejam.org>

<sup>2</sup><http://www.seriousgameinstitute.com.uk>

ensino de Física.

## 3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Desenvolver um jogo educativo não é uma tarefa simples e engloba altos custos como recursos humanos, materiais, financeiros, espaço e tempo [5]. O sucesso nessa área não é garantido por uma equipe de desenvolvedores altamente qualificada, e sim por um conjunto de ações no qual o aspecto pedagógico sobressai, premissa essa confirmada por Zyda [24]. Além disso, metodologias que não descrevem todo o ciclo de vida ou que são focadas em apenas um tipo de sistema [5], por exemplo simulação, podem contribuir para a não utilização destes em sala de aula.

Para garantir o aspecto pedagógico, além de formar uma equipe multidisciplinar, é necessário que todos participem do processo de desenvolvimento, do analista aos usuários finais, neste caso, alunos. Neste contexto, o Design Participativo (DP) se apresenta como uma metodologia capaz de realizar essa integração, pois é considerada uma prática ou metodologia que visa coletar, analisar e projetar um sistema com a participação de usuários, funcionários, clientes, desenvolvedores e demais interessados no processo [18].

Mais especificamente na área de JS, três atores são essenciais no processo de desenvolvimento [18]. São eles: i) Equipe técnica de desenvolvimento (ETD), responsável pelas especificações e codificações do sistema; ii) Usuário final especialista (UFE), que são professores, pesquisadores, pedagogos entre outros, que possuem o domínio do conteúdo; iii) Usuário final aprendiz (UFA), que são os jogadores que irão utilizar o sistema.

Seguindo a premissa de integrar todos os atores no processo, participaram do desenvolvimento da Versão Alpha 1.0 do Leo3D uma equipe multidisciplinar formada por professores da área de Física e pedagogos (UFE), um professor da área de informática (ETD) e quatro alunos do 3º ano integrado do curso técnico em informática (UFA), todos vinculados ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes.

As reuniões iniciais contaram apenas com a participação dos UFE e da ETD e serviram para delinear os conteúdos que seriam abordados, a forma como deveria ser apresentado e a maneira como seria aplicado em sala de aula. Concluída essa etapa, o processo de codificação de um protótipo deu-se início. Cada novo conteúdo implementado ao protótipo era apresentado aos UFE.

Na última etapa de desenvolvimento do protótipo, os UFA integraram à equipe. Além de testarem as funções implementadas, esses alunos contribuíram com ideias para tornar o projeto mais atrativo ao usuário final, no qual eles se incluem. Os alunos puderam também revisar os conteúdos vistos em sala de aula e compará-los com os presentes na ferramenta. Apesar dos UFA não estarem presentes no primeiro momento no qual os conteúdos e abordagens foram definidos, eles são considerados membros ativos da equipe multidisciplinar.

## 4 LEO3D

O Leo3D é uma ferramenta híbrida destinada ao ensino de óptica geométrica. Ele é considerado híbrido, pois além de possuir fases jogáveis com objetivos e grau de dificuldade variáveis, possui também laboratórios de simulação que exploram os seguintes conteúdos de óptica: i) propagação da luz; ii) objetos e cores; iii) reflexão da luz; iv) refração da luz; v) espelhos planos; vi) espelhos esféricos.

O Leo3D versão Alpha 1.0 foi desenvolvido em *Unreal Engine*. De acordo com Novak [17], uma versão Alpha é uma etapa do processo de desenvolvimento no qual o motor e a interface do jogo estão completos e o jogo pode ser jogado do início ao fim. Nenhuma fase ou laboratório necessita que UFA realize operações matemáticas ou tenha conhecimento de equações e conceitos para visualizar e compreender os conteúdos abordados. Dessa forma, o caráter lúdico da ferramenta é preservado e a observação dos

fenômenos de óptica conforme ocorrem no dia-a-dia norteiam todo o processo de ensino/aprendizagem.

#### 4.1 Laboratórios de simulação

A versão Alpha 1.0 do Leo3D possui ao todo 11 (onze) laboratórios de simulação 3D no qual os UFA podem visualizar e interagir com os principais fenômenos de óptica.

Os conceitos abordados em cada laboratório tiveram como base o livro didático de Física do 2º ano do ensino médio de Alvarenga e Máximo [16], escolhido por meio do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015, 2016 e 2017.

Os laboratórios foram desenvolvidos para serem utilizados em aulas práticas acompanhadas da supervisão de um professor de Física, que irá nortear as ações do jogador dentro do ambiente 3D. Cada laboratório possui uma explicação inicial do conteúdo abordado. A Figura 2 apresenta a tela de abertura dos laboratórios que possui explicações e objetivos, e a Figura 3 apresenta o Laboratório de Cores que tem como finalidade mostrar o comportamento das cores dos objetos de acordo com a cor da iluminação.



Figura 2: Tela de abertura dos laboratórios.



Figura 3: Laboratório de cores.

#### 4.2 Fases jogáveis

A primeira versão do Leo3D possui duas fases. Elas colocam em prática de forma lúdica todos os conceitos abordados nos laboratórios. A história do jogo se passa nos dias atuais e mistura elementos da astronomia e da mitologia grega, no qual *Hades*, Deus do Mundo Subterrâneo, captura *Hélios*, Deus do Sol, após uma conjunção astral envolvendo o alinhamento de planetas no ano de 2016. Sem o Sol, a Terra está com os dias contados e cabe ao jogador coletar esferas de energia que irão manter a Terra aquecida até que *Hélios* seja libertado.

Na primeira fase – Labirinto das Cores – o jogador é desafiado a percorrer um labirinto coletando esferas de energia. Para descobrir qual esfera coletar, ele deve analisar as dicas fornecidas por *Athenas*, deusa da sabedoria. Cada esfera errada coletada diminui o



Figura 4: Fase I - Labirinto das Cores.

tempo para encontrar todas as esferas e sair do labirinto. A Figura 4 mostra um dos corredores presentes na Fase I.

A busca por esferas de energia continua na segunda fase – Portal do Conhecimento – porém agora o jogador é desafiado a resolver problemas aplicando conceitos de óptica por meio de um inventário de instrumentos que é modificado a cada novo desafio. A Figura 5 apresenta o primeiro desafio da Fase II, no qual o jogador deve descobrir uma palavra escondida utilizando as esferas e iluminação.



Figura 5: Fase II - Portal do Conhecimento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A versão Alpha 1.0 do Leo3D foi avaliada por UFE, por UFA e por professores de física que participaram ou não do processo de desenvolvimento. A análise focou em três pontos distintos: i) aspectos pedagógicos e de conteúdo; ii) interface gráfica; iii) jogabilidade.

Em termos de aspectos pedagógicos, todos os avaliadores aprovaram a forma como os conteúdos foram apresentados nos laboratórios e aplicado nas fases, destacando-se a possibilidade de visualizar na prática conceitos como reversibilidade dos raios, cores de objetos, formação de sombras, refração da luz, entre outros. Esses conceitos, que atualmente são apresentados de forma estática em livros, só se tornam claros aos alunos quando trabalhados em laboratório de Física, estes nem sempre presentes em escolas da rede pública.

A interface gráfica, mesmo simples em relação aos jogos comerciais, foi aprovada por todos. Algumas sugestões foram apresentadas pelos professores, entre elas, que objetos não fiquem suspensos no ar e que as lâmpadas possam ser visualizadas nos cenários. Os UFA aprovaram os elementos gráficos presentes e apontaram algumas falhas de movimentação, principalmente da câmera do personagem.

A jogabilidade foi o item mais criticado pelos UFE. Operar simultaneamente teclado e mouse apresentou-se como uma tarefa complexa. Essa dificuldade já era esperada pela ETD, tendo em vista que a maioria dos UFE nunca tinham jogado um jogo em terceira pessoa. Os UFA não apresentaram essa dificuldade, prin-

principalmente pela similaridade com outros jogos de entretenimento encontrados no mercado.

Além da avaliação realizada pela UFE, o *software* foi avaliado pela ETD em diversos laboratórios de informática com configurações distintas de equipamento. O objetivo desta análise foi levantar os requisitos mínimos necessários para executar o Leo3D versão Alpha 1.0. Equipamentos com processadores Core i3 ou superior, com 8 GB de memória e sem placa de vídeo dedicada, conseguiram executar de forma aceitável todos os laboratórios de simulação, mantendo uma taxa média de 30 *Frames per Second* (FPS). A fase Labirinto das Cores rodou bem em um Core i5 sem placa de vídeo (média de 30 FPS), porém, no Core i3 já apresentou pequenos travamentos (média de 18 FPS). Neste caso, ao reduzir as configurações gráficas do jogo, foi possível jogar (média de 23 FPS). Para a fase Portal do Conhecimento, somente máquinas equipadas com processador Core i7 conseguiram rodar sem placa de vídeo dedicada, mantendo uma média de 27 FPS. Equipamentos com Core i3 ou Core i5 não apresentaram desempenho satisfatório, impedindo que os desafios fossem concluídos dentro do tempo pré-estipulado, mesmo com as configurações gráficas reduzidas ao mínimo (valores inferiores a 12 FPS). Esse comportamento já era esperado devido a quantidade de objetos 3D presentes nesta fase. Os mesmos equipamentos apresentaram desempenho satisfatório quando equipados com placas de vídeo dedicadas, obtendo sempre médias superiores a 30 FPS.

## 6 CONCLUSÕES

Com base nessa primeira avaliação realizada por UFE e UFA presentes ou não na equipe de DP, observou-se um grande potencial de uso da ferramenta durante o ensino de óptica geométrica. A dificuldade em operação de teclado e mouse simultaneamente se mostrou como um dos grandes dificultadores do processo. Para minimizar esse problema, foi proposta a possibilidade de desenvolvimento de um laboratório inicial para treinamento da jogabilidade.

Os laboratórios conseguiram em sua essência apresentar os conceitos abordados no livro didático de forma lúdica, sem uso de equações ou cálculos matemáticos, permitindo a visualização dinâmica dos conceitos de acordo com as ações do jogador. As fases cumpriram o objetivo de desafiar e colocar em prática os conteúdos abordados nos laboratórios. Os UFA sentiram-se motivados e não desistiram até concluírem os desafios propostos.

As próximas etapas incluem o aperfeiçoamento das *interfaces* gráficas presentes no Leo3D e a aplicação real em sala de aula, com turmas do 2º ano do ensino médio, no qual será possível aferir a contribuição da ferramenta no processo de ensino/aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- [1] J. Alvarez, D. Djaouti, et al. An introduction to serious game definitions and concepts. *Serious Games & Simulation for Risks Management*, 11, 2011.
- [2] L. Alves and M. A. Bianchin. O jogo como recurso de aprendizagem. *Revista Psicopedagogia*, 27(83):282–287, 2010.
- [3] R. J. Barcelos. Ambiente virtual de aprendizagem 3d: proposta de objeto de aprendizagem para o ensino de algoritmos. *Outras Publicações*, 2010.
- [4] E. A. Carlos, F. A. Sousa, R. G. T. Silva, D. Correia, J. C. Funayama, and A. G. O. Fassbinder. Elemento químico: Quantas evidências! um jogo como recurso didático para o ensino de química. In *XXVIII Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, 2014.
- [5] R. V. da Rocha and R. B. de Araujo. Metodologia iterativa e modelos integradores para desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação de desempenho humano. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 4, page 13, 2015.
- [6] N. N. Fialho. *Jogos no ensino de química e biologia*. IBPEX, 2007.
- [7] L. C. P. Franco. *Jogos digitais educacionais nas aulas de Educação Física: Olympia, um videogame sobre os jogos olímpicos*. PhD thesis, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2014.
- [8] J. P. Gee. What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1):20–20, 2003.
- [9] G. Hookway, Q. Mehdi, T. Hartley, and N. Bassey. Learning physics through computer games. In *Computer Games: AI, Animation, Mobile, Interactive Multimedia, Educational & Serious Games (CGAMES)*, 2013 18th International Conference on, pages 119–126. IEEE, 2013.
- [10] L. Johnson, S. Adams Becker, V. Estrada, and A. Freeman. Nmc horizon report: 2014 higher education edition, 2014.
- [11] J. B. Kalhil and A. P. S. Menezes. Os desafios do ensino de física e ciencias na amazonia ante as tic's. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(3):14, 2008.
- [12] D. Karlini and S. J. Rigo. Abclingo: Integrando jogos sérios e mineração de dados educacionais no apoio ao letramento. *Proceedings of SBGames*, pages 1149–1152, 2014.
- [13] R. Koster. *Theory of fun for game design*. "O'Reilly Media, Inc.", 2013.
- [14] R. P. Lope, J. R. L. Arcos, N. Medina-Medina, P. Paderewski, and F. Gutiérrez-Vela. Design methodology for educational games based on graphical notations: Designing urano. *Entertainment Computing*, 18:1–14, 2017.
- [15] A. F. Machado, P. P. Cazetta, P. C. dos Santos, A. M. O. Figueiredo, L. d. S. Sant'ana, N. A. d. S. Junior, E. D. Sebastião de Freitas, and E. Clua. Uma proposta de jogo educacional 3d com questões didáticas. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1, 2011.
- [16] A. Máximo and B. Alvarenga. *Física: contexto e aplicações*. Editora Scipione, 2014.
- [17] J. Novak. *Game development essentials: an introduction*. Cengage Learning, 2011.
- [18] H. C. d. Oliveira, M. da Silva Hounsell, and I. Gasparini. Uma metodologia participativa para o desenvolvimento de jogos sérios. *SBC – Proceedings of SBGames*, 2016.
- [19] R. T. Parreira, V. A. X. de Camargo, B. M. Rocha, E. A. Nogueira, T. Horbylon, M. S. F. Nascimento, and M. W. de Souza Ribeiro. Sistema de ensino de física Óptica geométrica da reflexão em espelhos usando realidade virtual. *Anais do WRVA*, pages 214–218, 2010.
- [20] R. F. Pereira. *Desenvolvendo jogos educativos para o ensino de Física: um material didático alternativo de apoio ao binômio ensino-aprendizagem*. 2008. PhD thesis, Dissertação (Mestrado). Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2008.
- [21] A. L. Ribeiro. Aquisição da escrita na era virtual: incorporando os jogos digitais online. *Domínios de Linguagem*, 6(2):111–127, 2012.
- [22] E. C. Ricardo and J. C. Freire. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29:251 – 266, 00 2007.
- [23] R. Savi, C. von Wangenheim, and A. Borgatto. *Avaliação de jogos voltados para a disseminação do conhecimento*. 2011. 236 f. PhD thesis, Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2011.
- [24] M. Zyda. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 2005.