



ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BARRA DO BUGRES “RENE BARBOUR”
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGECM



WILLYAN ALVES DA SILVA

**REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÓPICOS DE
DERIVADAS PARCIAIS: UMA ABORDAGEM COM
APLICATIVO MÓVEL**

Barra do Bugres - MT

2021



ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BARRA DO BUGRES “RENE BARBOUR”
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGECM



WILLYAN ALVES DA SILVA

REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÓPICOS DE DERIVADAS PARCIAIS: UMA ABORDAGEM COM APLICATIVO MÓVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, *Campus* Universitário de Barra do Bugres “Dep. Estadual Renê Barbour”, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Selleri Silva
Linha de Pesquisa: Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências e Matemática

Barra do Bugres - MT

2021

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

SILVA, Willyan Alves da.
S586r Realidade Aumentada no Ensino de Tópicos de Derivadas
Parciais: Uma Abordagem com Aplicativo Móvel / Willyan Alves
da Silva - Barra do Bugres, 2021.
90 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu
(Mestrado Acadêmico) Ensino de Ciências e Matemática,
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Câmpus de Barra
do Bugres, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2021.
Orientador: Fernando Selleri Silva

1. Tecnologias Digitais. 2. Ensino. 3. Cálculo. I. Willyan
Alves da Silva. II. Realidade Aumentada no Ensino de Tópicos de
Derivadas Parciais: Uma Abordagem com Aplicativo Móvel: .
CDU 37:51

WILLYAN ALVES DA SILVA

**REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÓPICOS DE
DERIVADAS PARCIAIS: UMA ABORDAGEM COM APLICATIVO
MÓVEL.**

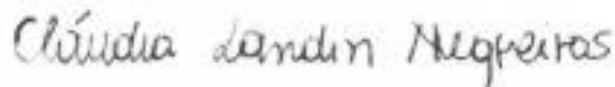
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM - da Universidade do Estado de Mato Grosso CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO - UNEMAT, *Câmpus* Univ. Dep. Est. "Renê Barbour" – Barra do Bugres - MT, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: 04 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fernando Sellen Silva (PPGECM/UNEMAT)
Orientador



Profª. Drª. Cláudia Landin Negreiros (PPGECM/UNEMAT)
Examinadora Interna

gov.br

Documento assinado digitalmente
Ana Paula Carvalho Cavalcanti Furtado
Data: 17/08/2021 09:33:38 -0300
Verifique em: <https://verificador.ig.br>

Profª. Drª. Ana Paula Carvalho Cavalcanti Furtado (UFRPE)
Examinadora Externa

Dedico este trabalho

A Deus.

α ... Ω

Aos meus pais e familiares;

Aos professores e amigos;

Ao meu orientador;

A quem não me deixa esquecer o brilho da lua;



OPC.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e pela saúde. Agradeço a Jesus Cristo por ser exemplo de conduta. Agradeço a minha família por todo apoio, em especial minha mãe Lindalva Lopes pelas orações e a meu Pai Umbelino. Agradeço a minha irmã Keylijane Alves pela doação da licença de uso de software matemático. Agradeço aos meus amigos pelo apoio. Agradeço ao meu orientador Prof. Fernando Selleri pela paciência, correções, incentivos e pelo exemplo. Agradeço aos meus colegas de classe e todos que de algum modo contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço à Prof.^a Aline Oliveira pelo apoio com o pré-projeto e outras documentações. Agradeço ao Prof. Paulo Sérgio Costa Lino pelo apoio com a elaboração do conteúdo. Agradeço ao Prof. Junior Soares pelas dicas. Agradeço ao Leandro Monteiro pelas dicas de Unity. Agradeço à Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática por oportunizar mais uma etapa nos meus estudos. Agradeço a Cristiane de Souza Ferreira pelo apoio, incentivo, e pelas contribuições pontuais para esta pesquisa, enfim por tudo. Agradeço às pessoas especiais que passaram por minha vida e a tornaram melhor.

*O Homem que ama a sabedoria alegra a seu pai
(Pv. 29:3a).*

Estamos exatamente onde deveríamos estar. ♣

RESUMO

O uso de Tecnologias Digitais tem sido importante no processo de ensino-aprendizagem. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho desenvolver um aplicativo com o uso de realidade aumentada para exibição de conteúdo de derivadas parciais, avaliando-o com professores que lecionam estes conteúdos e refletindo sobre a possibilidade de utilização do aplicativo em sala de aula. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, com objetivo exploratório, empregando os procedimentos pesquisa bibliográfica e pesquisa de opinião. O aplicativo foi desenvolvido a partir do levantamento de requisitos, representados por diagramas UML, usando adaptação de metodologias de desenvolvimento de software ágeis, como *XP* e *Scrum*. Para avaliação do aplicativo, foram realizados quatro exercícios, que continham um *QR code*, que ao ser reconhecido pelo aplicativo, exibe na tela do celular as opções referentes ao exercício em questão. O contexto de produção de dados se deu a partir da disponibilização de um questionário on-line para professores do ensino superior. Os sujeitos participantes foram professores que ministram disciplinas que abordam o conteúdo de Derivadas. Após o teste do aplicativo, foi aplicado um questionário estruturado para avaliação da possibilidade de seu uso em sala de aula. A fundamentação teórica está embasada em Marc Prensky, que propõe que os educadores devem ensinar tanto o conteúdo Legado (leitura, escrita e raciocínio lógico) e o Futuro (conteúdo em grande escala, digital e tecnológico) na língua dos Nativos Digitais. Como resultado buscou-se ampliar a percepção do conteúdo, pois a tecnologia de realidade aumentada pode auxiliar no processo de aquisição do conhecimento, por permitir visualização e interação com elementos representativos dos conteúdos disciplinares. Buscou-se avaliar as potencialidades e limitações do uso do aplicativo em aula, permitindo aos professores, e futuramente aos alunos, valerem-se de um recurso que possam auxiliá-los a ter uma melhor compreensão do conteúdo, além de incentivar os educadores a utilizarem uma linguagem de ensino que se adeque com essa nova geração de estudantes. Embora o trabalho tenha como característica avaliar o uso da tecnologia, o conteúdo apresentado no aplicativo, mesmo não estando disposto sistematicamente, pode servir como recurso didático.

Palavras-Chave: Tecnologias Digitais. Ensino. Cálculo.

ABSTRACT

The use of Digital Technologies has been important in the teaching-learning process. In this context, the objective of this work was to develop an application using augmented reality to display partial derivative content, evaluating it with teachers who teach this contents and reflecting on the possibility of using the application in the classroom. It is a qualitative research of applied nature, with exploratory objective, using bibliographic research and opinion research procedures. The application was developed from requirements gathering, represented by UML diagrams, using adaptation of agile software development methodologies, such as XP and Scrum. To evaluate the application, four exercises were performed, which contained a QR code, which when recognized by the application, displays on the mobile screen the options related to the exercise in question. The context of data production was based on the availability of an online questionnaire for higher education teachers. The participating subjects were professors who teach subjects that address the content of Derivatives. After using the application, a structured questionnaire was applied to assess the possibility of its use in the classroom. The theoretical foundation is based on Marc Prensky, who proposes that educators should teach both the Legacy content (reading, writing and logical reasoning) and the Future (large-scale, digital and technological content) in the language of Digital Natives. As a result, we sought to expand the perception of content, as augmented reality technology can help in the process of knowledge acquisition, by allowing visualization and interaction with representative elements of the disciplinary content. We sought to assess the potential and limitations of using the application in class, allowing teachers and, in the future, students to avail themselves of a resource that can help them to have a better understanding of the content, in addition to encouraging educators to use a teaching language that suits this new generation of students. Although the study had the use of technology as an elementary characteristic, the content presented in the application, even though it is not systematically arranged, can serve as a didactic resource.

Keywords: Digital Technologies. Education. Calculation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objeto virtual em ambiente de realidade aumentada.....	24
Figura 2 - Transição entre realidade e virtualidade	25
Figura 3 - Evolução da transição do real para o virtual, em função do tempo e da tecnologia a presença do computador.....	26
Figura 4 - Sequência da realização do trabalho.....	35
Figura 5 – Requisitos.....	37
Figura 6 - Diagrama de Caso de Uso.....	38
Figura 7 - Interface de software de desenvolvimento.....	39
Figura 8 - Código da função <i>update()</i> na linguagem C#.....	40
Figura 9 - Gráfico da função $e^{-x}x^e$	41
Figura 10 - Tela de Abertura.....	45
Figura 11 - Leitura do QR code a ser rastreado, onde são sobrepostas informações virtuais.....	46
Figura 12 – Exemplo de exercício.....	47
Figura 13 - Menu da aplicação.....	48
Figura 14 - Tela de definição.....	49
Figura 15 - Vídeo explicativo.....	50
Figura 16 - Gráfico 3D.....	51
Figura 17 - Atividade de exemplo.....	52
Figura 18 - Solução do exercício.....	53
Figura 19 - Comentários dos especialistas sobre o aplicativo.....	56
Figura 20 - Comentários sobre adequação do conteúdo à alunos de graduação.....	57
Figura 21 - Possibilidades de uso do aplicativo com outros conteúdos.....	64
Figura 22 - Benefícios ou possibilidades do uso do aplicativo.....	65
Figura 23 - Limitações com relação ao uso do aplicativo.....	66
Figura 24 - Sugestões de melhoria para o aplicativo.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados dos trabalhos incluídos.....	30
Quadro 2 - Falhas identificadas.....	41
Quadro 3 - Classificação dos benefícios existentes do aplicativo em categorias.....	65
Quadro 4 - Classificação das limitações do aplicativo em categorias.....	67
Quadro 5 - Classificação das sugestões em categorias.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Trabalhos por nível de ensino.....	32
Gráfico 2 - Opinião sobre o aplicativo.....	56
Gráfico 3 - Consideração sobre o conteúdo ser adequado para alunos de graduação.....	57
Gráfico 4 - Percentual de participantes que usariam o aplicativo na prática.....	60
Gráfico 5 - Aderência do conteúdo de derivadas com a tecnologia de realidade aumentada.....	60
Gráfico 6 - Conteúdo adequado para fins educacionais.....	62
Gráfico 7 - Capacidade de exploração dos conceitos sobre o conteúdo de derivadas de forma interativa.....	63
Gráfico 8 - Consideram o aplicativo adequado para mais outros conteúdos.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados encontrados por mecanismo de busca.....	29
Tabela 2 – Dados dos participantes.....	42
Tabela 3 - Tempo de experiência em anos.....	55
Tabela 4 - Necessidade de usar realidade aumentada no ensino de derivadas.....	58
Tabela 5 - Classificação do aplicativo quanto a clareza e objetividade do conteúdo apresentado	58
Tabela 6 - Grau de satisfação ao utilizar o aplicativo.....	59
Tabela 7 - Quão necessário é a classificação do aplicativo, como instrumento de ensino- aprendizagem.....	59
Tabela 8 - Complexidade do aplicativo.....	61
Tabela 9 - Necessidade de aprendizado antes de continuar a usar o aplicativo.....	61
Tabela 10 - O uso de multimídia no aplicativo.....	62

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

3D	Três Dimensões
ABES	Associação Brasileira das Empresas de Software
API	Interface de Programação de Aplicações
APK	Android Application Pack
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
HMD	Head Mounted Display
MEC	Ministério da Educação
PDF	Portable Document Format
PRONINFE	Programa Nacional de Informática Educativa
QR code	Quick Response Code
RA	Realidade Aumentada
SEI	Secretaria Especial de Informática
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
TDD	Test Driven Development
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
UNEMAT	Universidade do Estado de Mato Grosso
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
URL	Uniform Resource Locator
XP	Extreme Programming
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Tecnologias Digitais No Ensino	21
2.2 Realidade Aumentada.....	22
<i>2.2.1 Evolução da RA</i>	<i>25</i>
2.3 Realidade Aumentada aplicada ao Ensino de Matemática: uma revisão sistemática de literatura voltada para derivadas.....	27
<i>2.3.1 Objetivo e questão de pesquisa da revisão</i>	<i>27</i>
<i>2.3.2 Critérios de inclusão e exclusão de estudos.....</i>	<i>28</i>
<i>2.3.3 Estratégia de busca.....</i>	<i>28</i>
<i>2.3.4 Extração de dados.....</i>	<i>30</i>
<i>2.3.5 Avaliação dos trabalhos.....</i>	<i>30</i>
<i>2.3.6 Síntese dos trabalhos</i>	<i>30</i>
<i>2.3.7 Resultados e discussão.....</i>	<i>32</i>
2.4 Aprendizagem Matemática.....	33
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	34
3.1 Desenvolvimento da Pesquisa	34
3.2 Desenvolvimento do Aplicativo	35
<i>3.2.1 Levantamento de requisitos.....</i>	<i>36</i>
<i>3.2.2 Modelagem.....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.3 Programação.....</i>	<i>38</i>
<i>3.2.4 Testes do aplicativo</i>	<i>40</i>
3.3 Procedimento usado na produção dos dados	42
3.4 Avaliação da tecnologia utilizada no aplicativo	43
<i>3.4.1 Participantes</i>	<i>43</i>
<i>3.4.2 Procedimentos para análise dos dados</i>	<i>44</i>
4 O APLICATIVO DERIVADAR.....	45
4.1 Tela de abertura	45
4.2 Menu principal.....	48
<i>4.2.1 Tela de definição.....</i>	<i>49</i>

<i>4.2.2 Tela de vídeo explicativo</i>	49
<i>4.2.3 Tela de gráfico 3D</i>	50
<i>4.2.4 Tela de atividade exemplo</i>	52
<i>4.2.5 Tela de solução</i>	52
5 AVALIAÇÃO DO APLICATIVO	54
5.1 Condução da avaliação	54
5.2 Resultados.....	55
5.3 Discussões	64
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	76
APÊNDICE B – EXERCÍCIO 01	87
APÊNDICE C – EXERCÍCIO 02	88
APÊNDICE D - EXERCÍCIO 03	89
APÊNDICE E - EXERCÍCIO 04	90

1 INTRODUÇÃO

Conceitos de derivadas, inclusive os demais tópicos do Cálculo Diferencial e Integral, comumente são ministrados nas salas de aulas de modo expositivo, valendo-se do uso massivo de “regras”, conforme Villarreal (1999). Muitas vezes, nesse formato de aula, tem-se a percepção de compreensão do conteúdo, o que muitas vezes não condiz com a realidade do aluno, e assim segue-se o plano didático com a noção de que houvera um aprendizado significativo. Manacero e Marranghello (1999) evidenciam a dificuldade que alguns alunos possuem em relação à compreensão de conceitos matemáticos e a percepção da integração conceitual dessas disciplinas no curso de Ciência da Computação. Lira (2018) conduziu uma revisão sistemática de literatura sobre tecnologias digitais no ensino de Matemática nos cursos de Ciência da Computação, identificando que uma quantidade significativa de alunos possui dificuldades com disciplinas de Matemática, ocasionando um alto índice de reprovação nessas disciplinas e até mesmo contribuindo para evasão.

Com os avanços tecnológicos, as metodologias de ensino vêm sendo modificadas, de modo que as Tecnologias Digitais podem ser usadas no processo de ensino-aprendizagem. Essas tecnologias, embora empregadas em diversas áreas, na educação são cada vez mais discutidas. Para Lévy (1993), o uso de tecnologias na educação é deveras importante, segundo o autor, todo conhecimento pode ser apreendido e retido com mais facilidade se houver envolvimento de forma ativa no processo de aquisição de conhecimento. Segundo Prenksy (2008), a finalidade da tecnologia em sala de aula é de prover suporte ao novo paradigma de ensino, em que os alunos, com a orientação do professor, passam a ser agentes que ensinam a si mesmos.

No contexto da pandemia de Covid-19, o uso de tecnologias foi impulsionado por diversas necessidades, como distanciamento social, teletrabalho entre outros. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Software (ABES), a produção em tecnologia teve crescimento de 2,5% no mundo no ano de 2020, enquanto no mesmo período o Brasil apresentou crescimento de 22,9%. De acordo com a ABES, em 2020, o Brasil registrou um número total de 230,3 milhões de conexões de dados ativas.

O uso de tecnologias no processo educativo é considerado um diferencial para o ensino, conforme destacam Rocha, Ramos e Brasil (2019). Nesse sentido, a Realidade Aumentada (integração de elementos virtuais com visualizações de elementos do mundo real), pode proporcionar experiências teórico-práticas positivas. Atualmente, com a popularização de dispositivos móveis é possível e importante que se aproveite dessa situação, tendo-o como mais

um recurso a se aplicar no ensino, uma vez que, muitos alunos têm acesso a um aparelho celular. Para utilizar essa tecnologia em um *smartphone* é necessário que este possua uma câmera para captura. Já, a capacidade de processamento do aparelho é que determina a velocidade e fluidez da exibição dos objetos. Vale ressaltar que existem diversas tecnologias de realidade aumentada, sendo necessário o desenvolvedor identificar a compatibilidade da tecnologia de desenvolvimento escolhida com o aparelho que fará uso desta.

Ao se falar de Realidade Aumentada, para Kirner e Siscoutto (2007), a evolução tecnológica, ocorrida década de 1990, deu início ao surgimento da realidade aumentada, em que ocorre a sobreposição de objetos e ambientes virtuais com o ambiente físico, usando algum dispositivo tecnológico. Segundo os autores, essas aplicações tornaram-se mais acessíveis a partir da convergência de técnicas de visão computacional, *software* e dispositivos com melhor índice de custo-benefício. A Realidade Aumentada tem sido aplicada em diferentes áreas, como, na medicina com simulação de cirurgias, diagnóstico e treinamento, de acordo com Romano (2010), ou no desenvolvimento de jogos aplicados à educação, conforme Wanderley et al. (2011).

Com relação ao ensino de Física, similar às disciplinas de matemática, segundo Fiolhais e Trindade (2003), uma das características de conteúdo dessas áreas que as tornam mais complexas para os alunos, dá-se pelo envolvimento de conceitos abstratos e em larga medida de difícil compreensão. Isso faz com que muitos alunos tenham dificuldades em entender esses conteúdos utilizando conceitos da vida real. Segundo Fiolhais e Trindade (2003), essa dificuldade pode ser tratada em parte com a introdução de métodos de experimentação por meio de atividades que possibilitem que haja uma adequação sobre a junção dos modos de aprender como forma de maximizar o aprendizado. Conforme reforça Silva e Correa (2014), o uso de tecnologias na educação tem a capacidade de agregar ao processo de ensino-aprendizagem de modo a torna-lo mais dinâmico para o educador e mais significativo para o aluno.

Santos (2005) destaca um posicionamento que tem sido identificado, trata-se da crença de que a tecnologia aplicada na educação pode colaborar na solução de problemas educacionais, como evasão, índices de reprovação e baixos índices em processos avaliativos.

Para Barroso et al. (2016), as dificuldades e baixos índices em disciplinas de Matemática ocorrem por fatores relacionados a problemas cognitivos, de aprendizagem e rejeição pela disciplina. Os autores reforçam ainda que um dos fatores dos problemas envolto em disciplinas de Matemática são potencializados pelo modo conservador de ensinar, em que ocorre repetições e memorização de conceitos, deste modo, o aluno pode ter mais dificuldade na compreensão de fato da semântica conceitual a partir de um pensamento crítico. Segundo Emmel e Costa (2019),

problemas socioambientais influenciam na aprendizagem da Matemática, como problemas emocionais, pessoais e familiares. Dessa forma, identifica-se inúmeros fatores que contribuem negativamente no processo de ensino-aprendizagem da Matemática, tanto de ordem fisiológica, como as dificuldades cognitivas, quanto problemas pessoais e até metodologias de ensino, conforme Pezzi e Marin (2017).

A partir dessas considerações, surgiu a indagação: como conteúdos de matemática, em especial, derivadas parciais, podem ser ensinados a alunos do curso de Ciência da Computação, usando realidade aumentada?

Considerando que o desempenho nas avaliações de matemática, em geral, está aquém do esperado, muitas das dificuldades que os alunos têm, principalmente em abstrair conteúdos algébricos, podem ser de variadas ordens e fatores, sejam afetivos, cognitivos ou físicos, e atingem os alunos que vão das séries iniciais ao ensino superior.

Como a realidade aumentada lida com integração de elementos virtuais com o mundo real através de visualização em algum dispositivo computacional, o uso de *softwares* com essa tecnologia aplicada ao ensino tem crescido. Embora haja um crescimento no uso de realidade aumentada na educação, acompanhando o desenvolvimento tecnológico, muitas dessas aplicações estão sendo utilizadas no âmbito acadêmico (em pesquisa). Segundo Coimbra, Cardoso e Mateus (2013), o uso de realidade aumentada em contextos educativos acompanha as tendências tecnológicas em relação à pesquisas e implementação, embora possa ser considerado, nesse contexto, que sua adoção se encontra em fases iniciais. Contudo, entende-se que o uso dessa tecnologia pode tornar o processo de aquisição do conhecimento mais interativo, por permitir visualização e interação com elementos representativos dos conteúdos disciplinares, além de auxiliar o docente em suas práticas pedagógicas, pois o uso de realidade aumentada pode ser um interessante recurso didático para conteúdos onde a abstração é considerada complexa.

Segundo Kenski (2004), o uso de tecnologias voltadas ao ensino possui um papel importante, pois interfere no nosso modo de pensar. Kenski (2012) reforça esses conceitos e apresenta as possibilidades de uso no ensino presencial como no ensino a distância, a autora afirma que o uso de tecnologias no ensino pode aumentar a interação comunicativa e a relação entre ensino e aprendizagem, deste modo, considerando as novas tecnologias como essenciais no âmbito escolar.

Barbosa, Mariano e Souza (2021) ressalta a importância do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na educação como recurso intrínseco ao processo de ensino-

aprendizagem, pois contribui expandindo os recursos do docente e permitindo melhor experimentação pelo aluno.

Para Kirner e Siscoutto (2010), o uso de realidade aumentada permite que os alunos visualizem e interajam com elementos dos conteúdos estudados. Já Levy (1993), evidencia a necessidade da atualização de práticas pedagógicas.

Para Kirner e Siscoutto (2010), o uso de tecnologias na sala de aula, como a realidade aumentada, auxilia na exposição dos conteúdos, provocando nos alunos um maior interesse na disciplina. Para Silva e Elliot (1997), o uso de tecnologias digitais como representações visuais permite a exploração de diversas maneiras de expor conceitos e informações e pode contribuir para a aprendizagem.

O uso de Tecnologias Digitais tem sido importante no processo de ensino-aprendizagem. Sua inserção em sala de aula, hoje é mais fácil devido às limitações e custos de equipamentos serem menores, bem como o acesso à internet estar nas unidades educacionais. De acordo com levantamento organizado pelo Comitê Gestor de Internet no Brasil (CGI.BR) em 2015, referente ao uso de Tecnologias de Informação e Comunicação nas escolas brasileiras, cerca de 75% das escolas têm computadores de mesa instalados em laboratórios de informática e 2% têm computadores instalados em sala de aula. Com relação às escolas com acesso à internet, a pesquisa apontou que 97% das escolas da região Centro-Oeste possuem algum tipo de conexão à internet.

De acordo com o Censo Escolar 2020 (BRASIL, 2021), a disponibilidade de recursos tecnológicos nas escolas de ensino médio supera as de ensino fundamental. Considerando a rede estadual, tem-se que 80,4% das unidades têm conexão com internet de alta velocidade.

O acesso à internet e à internet de alta velocidade também se sobressai com relação à abrangência nas escolas de ensino médio. No Centro-Oeste, Sul e Sudeste o percentual de escolas com internet no ensino médio, alcança respectivamente 98,4%, 99,5% e 99,1%. As regiões com menor cobertura de internet de alta velocidade localizam-se no Norte (74%) e Sul do país (80,2%).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver um aplicativo com o uso de realidade aumentada para exibição de conteúdo de derivadas parciais, avaliando-o com professores que lecionam conteúdos de derivadas parciais e refletindo sobre a possibilidade de utilização do aplicativo em sala de aula.

No que se refere à metodologia, trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, com objetivo exploratório, empregando os procedimentos pesquisa bibliográfica e pesquisa de opinião, além de metodologias oriundas da Engenharia de Software como

levantamento de requisitos, representados por diagramas UML, usando adaptação de metodologias de desenvolvimento de software ágeis, como XP e Scrum. Para avaliação do aplicativo, foram realizados quatro exercícios, que continham um *QR code*, que ao ser reconhecido pelo aplicativo, exibe na tela do celular as opções referentes ao exercício em questão. O contexto de produção de dados se deu por meio de um questionário *on-line* disponibilizado para docentes do ensino superior. Os sujeitos participantes foram professores que ministram disciplinas que abordam o conteúdo de Derivadas. Após o uso do aplicativo, foi aplicado um questionário estruturado para avaliação da possibilidade de seu uso em sala de aula. A fundamentação teórica está embasada em Marc Prensky (2001), que propõe que os educadores devem ensinar tanto o conteúdo Legado (leitura, escrita e raciocínio lógico) e o Futuro (conteúdo em grande escala, digital e tecnológico) na língua dos Nativos Digitais.

O presente trabalho encontra-se organizado em seis capítulos. O Capítulo 1 corresponde a esta introdução. O Capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura sobre Tecnologias Digitais no ensino, realidade aumentada, realidade aumentada aplicada ao ensino de Matemática (um levantamento com base em revisão sistemática) e aprendizagem matemática. No Capítulo 3 é descrita a metodologia de pesquisa adotada. O aplicativo desenvolvido é descrito no Capítulo 4. O Capítulo 5 corresponde à análise dos dados descrevendo os resultados da avaliação do aplicativo. Por fim, as considerações finais são apresentadas no Capítulo 6. O questionário on-line aplicado aos participantes para avaliação do aplicativo e os exercícios utilizados neste processo são apresentados nos apêndices.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Com os avanços tecnológicos, vêm-se estabelecendo metodologias de ensino, baseadas em tecnologias digitais, de modo que o uso destes recursos possam trazer novas possibilidades para o processo de ensino-aprendizagem, conforme Kenski (2004). Neste capítulo são apresentados conceitos sobre Tecnologias Digitais no ensino, realidade aumentada, realidade aumentada aplicada ao ensino de Matemática (um levantamento com base em revisão sistemática) e aprendizagem matemática.

2.1 Tecnologias Digitais no Ensino

As tecnologias digitais vêm sendo utilizadas nas mais diversas áreas, na educação não é diferente, pois proporciona novos paradigmas voltados ao ensino. As novas tecnologias proveem instrumentos para essa necessidade e seus recursos facilitam a oferta na formação educacional. As tecnologias desempenham um papel importante, conforme afirma Kenski:

As novas tecnologias de informação e comunicação, caracterizadas como midiáticas, são, portanto, mais do que simples suportes. Elas interferem em nosso modo de pensar, sentir, agir, de nos relacionarmos socialmente e adquirirmos conhecimentos. Criam uma nova cultura e um novo modelo de sociedade (KENSKI, 2004, p. 23).

As TICs, por interferirem em nosso modo de pensar e até de nos relacionarmos socialmente, fazem com que desenvolvamos novas competências, por isso Kenski afirma que elas criam uma nova cultura.

Valente (1998) discute a necessidade de uma formação que incentive a utilização das novas tecnologias para uma prática voltada a favorecer processos de aprendizagem, e acrescenta que devem ser possibilitados aos estudantes momentos em que a informática é usada como recurso educacional, a fim de poder entender o que significa o aprendizado por meio da informática, qual o papel como educador nessa situação, e que metodologia é mais adequada ao seu estilo de trabalho.

No Brasil, a introdução da informática na educação inicia-se na década de 1970 como iniciativa de pesquisadores de algumas universidades brasileiras, sob influência do que estava ocorrendo em outros países, com destaque para França e Estados Unidos (VALENTE; ALMEIDA, 1997). Com o objetivo de ofertar um plano de uso de computadores na educação, em 1980 a Comissão de Informática na Educação foi instituída, com representação da Secretaria Especial de Informática (SEI), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPQ), do Ministério da Educação (MEC) e da agência Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Em 1984, o MEC coordenou a execução do projeto EDUCOM, sendo este implantado em cinco universidades públicas brasileiras, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), segundo Almeida (2016). De acordo com Andrade (1996), desde então o MEC assumiu o protagonismo no desenvolvimento de políticas de tecnologias na educação.

Ainda conforme Andrade (1996), os recursos escassos e as transições de gestores no MEC, aliadas à situação política que o país enfrentava na década de 1990, reforçou a necessidade de alterações na forma como era conduzido o Programa Nacional de Informática Educativa (Proninfe), criado em 1989, e que teve relevância nacional, pois tinha participação de organizações públicas federais e estaduais, universidades, ensino técnico, educação especial e educação básica.

Em 1997, o MEC instituiu o Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo), visando atender toda a rede pública de ensino de 1º e 2º graus do Brasil, por meio de parcerias entre estados, municípios, União e Distrito Federal, sendo implementado de forma escalonada (BRASIL, 2002). Em 2007, o ProInfo passou a ser denominado Programa Nacional de Tecnologia Educacional, visando a promoção do uso pedagógico das TICs nas escolas das redes públicas de educação básica. Atualmente o ProInfo está vinculado ao FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação), amparado pela lei nº 12.695, de 25 de julho de 2012 e busca atender escolas urbanas e rurais (ProInfo Rural) ofertando: ambientes tecnológicos equipados com computadores e recursos digitais; formação de professores e gestores; oferta de conteúdos, ambientes virtuais e recursos digitais multimídia. O programa também é destinado a estudantes.

Desde 2010, conforme Almeida (2016), o Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), vem buscando identificar os usos e apropriações tecnológicas e pedagógicas das TICs e divulgando o cenário atual das TICs nas escolas brasileiras.

2.2 Realidade Aumentada

Silveira (2011) classifica a Realidade Aumentada (RA) como sendo a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e

manipular os objetos reais e virtuais. Ainda de acordo com Kirner e Siscoutto (2010), a RA surge como uma nova geração de interface, sendo representada tridimensionalmente mais próximas da realidade do usuário, permitindo romper a barreira da tela, possibilitando interações mais naturais.

Para Azuma (2001), deve-se dar ênfase nos objetos gráficos, estabelecendo três propriedades elementares da RA que são: (1) a combinação de objetos reais e virtuais em ambientes reais, (2) um sistema que registra objetos virtuais e reais entre si e (3) a execução interativa em tempo real.

Conceituar a RA como uma tecnologia que une o mundo virtual com o mundo real se torna de mais fácil compreensão, porém essa afirmativa não contempla totalmente a definição de realidade aumentada, pois a título de exemplo, uma transmissão de televisão com a exibição da logomarca da transmissora no canto inferior da tela, nesse caso, caracterizaria como sendo realidade aumentada. Para ser considerada de fato uma aplicação de realidade aumentada, é necessário que haja um padrão a ser reconhecido. Comumente a RA contempla três elementos, sendo um dispositivo de saída de vídeo, câmera para captura e *software*. Atualmente os dispositivos móveis têm esses três elementos em sua relação de pertinência, então o que caracteriza em síntese uma tecnologia de realidade aumentada, é o fato de uma inserção de conteúdo ser mapeada e os movimentos serem acompanhados pelo conteúdo inserido digitalmente.

A RA é uma tecnologia que necessita de processamento em tempo real e, conforme Kirner C. e Kirner, T. (2011):

São influenciadas pela evolução da computação, tanto do ponto de vista do hardware quanto do software. Além disso, pelo fato de terem sido criadas há várias décadas, suas definições acabaram sendo modernizadas, em função de fatores mais recentes, como a multiplicidade de plataformas e a viabilização de softwares capazes de tratar elementos multissensoriais. O que antes se restringia a computadores de grande porte e a aplicações de computação gráfica, foi atualmente expandido para microcomputadores, plataformas móveis e Internet, envolvendo aplicações gráficas, sonoras, gestuais e de reação de tato e força (KIRNER, C.; KIRNER, T., 2011, p. 10).

Ainda conforme Kirner, C. e Kirner, T. (2011), interfaces computacionais estavam limitadas a uma representação de apenas duas dimensões dos dispositivos de saída de imagem. A evolução de capacidade de processamento tornou o monitor como importante elemento de renderização de informações.

Em se tratando de interfaces bidimensionais (2D), comumente, o monitor ou equipamento de projeção são usados para visualização, de modo que a interação com aplicações, que se valem desses dispositivos, se dá com o uso do mouse e de um teclado,

possibilitando ao usuário da aplicação agir por intermédio destes acessórios, em pontos ou no espaço da projeção da imagem. Atualmente, em razão da facilidade de interação tangível, o uso do *touch screen* (toque aplicado diretamente em tela) vem sendo muito utilizado.

Em interfaces tridimensionais (3D), o usuário pode manipular informações semelhantemente ao espaço real, interagindo nas três dimensões. Segundo Kirner e Kirner (2011), a realidade virtual foi pioneira no uso de interface tridimensional, pois permitia que o usuário interagisse, usando as mãos em um ambiente virtual renderizado em dispositivos de saída de imagem, ou até com equipamento de projeção para os olhos, com o uso de capacetes de realidade virtual, conhecidos como *Head Mounted Display* (HMD). Porém, para que haja essa possibilidade de interação, é preciso utilizar dispositivos especiais multissensoriais, como mouses 3D, óculos estereoscópicos, luvas com rastreadores e outros (BOWMAN, 2005).

A partir disso surgiram variações da realidade virtual, como: realidade aumentada, virtualidade aumentada e hiper-realidade. Conforme Kirner (2011), quando se tem uma interface com base na sobreposição de objetos virtuais (imagens dinâmicas, sensações hápticas e sons espaciais) com o ambiente real do usuário, visível por meio de dispositivos tecnológicos, tem-se a realidade aumentada (Figura 1).

Figura 1 - Objeto virtual em ambiente de Realidade Aumentada



Fonte: Autor (2019).

Na ocorrência da transmissão de informações reais para o mundo virtual, por meio de representações realistas, mantendo as interações virtuais, tem-se a virtualidade aumentada.

Na Figura 2 pode ser visto o diagrama de Milgram, denominado *Reality-Virtuality Continuum* (MILGRAM, 1994), que mostra a realidade e virtualidade aumentada em uma escala entre ambiente real e virtual.

Figura 2 - Transição entre realidade e virtualidade

Fonte: Milgram (1994) apud Kirner, C. e Kirner, T. (2011).

Tanto a realidade aumentada quanto a virtualidade aumentada podem ser classificadas como realidade misturada, embora esse termo seja pouco utilizado.

2.2.1 Evolução da RA

As pesquisas iniciais sobre RA datam da década de 1960, a partir de trabalhos de Ivan Sutherland (1965), com a publicação de um artigo sobre a perspectiva da evolução da realidade virtual e seus reflexos no mundo real, conforme descreve Kirner, C. e Kirner, T. (2011).

Contudo, apenas na década de 1980 foi que a Força Aérea Americana desenvolveu o primeiro projeto de realidade aumentada, que consistia em um simulador de *cockpit* de avião, com visão ótica direta, unindo elementos virtuais com o ambiente real, conforme Kirner, C. e Kirner, T. (2011).

Para os mesmos autores, ao se considerar os aspectos técnicos, a evolução da RA está relacionada sob a perspectiva de parâmetros, como: sistemas; interfaces; inteligência; tipos de interação e tempo.

A transição do mundo real para o mundo virtual possui uma abordagem conceitual, conforme a Figura 2, no diagrama original de Milgram, apesar de estar datado da década de 1990, em que o contexto era sobre dispositivos de exibição de imagens de RA. Nesse contexto, Milgram (1994) descreve três possíveis situações: ambientes compostos apenas de objetos reais (realidade); ambientes compostos apenas de objetos virtuais (virtualidade); e ambientes compostos de objetos reais e virtuais (realidade misturada).

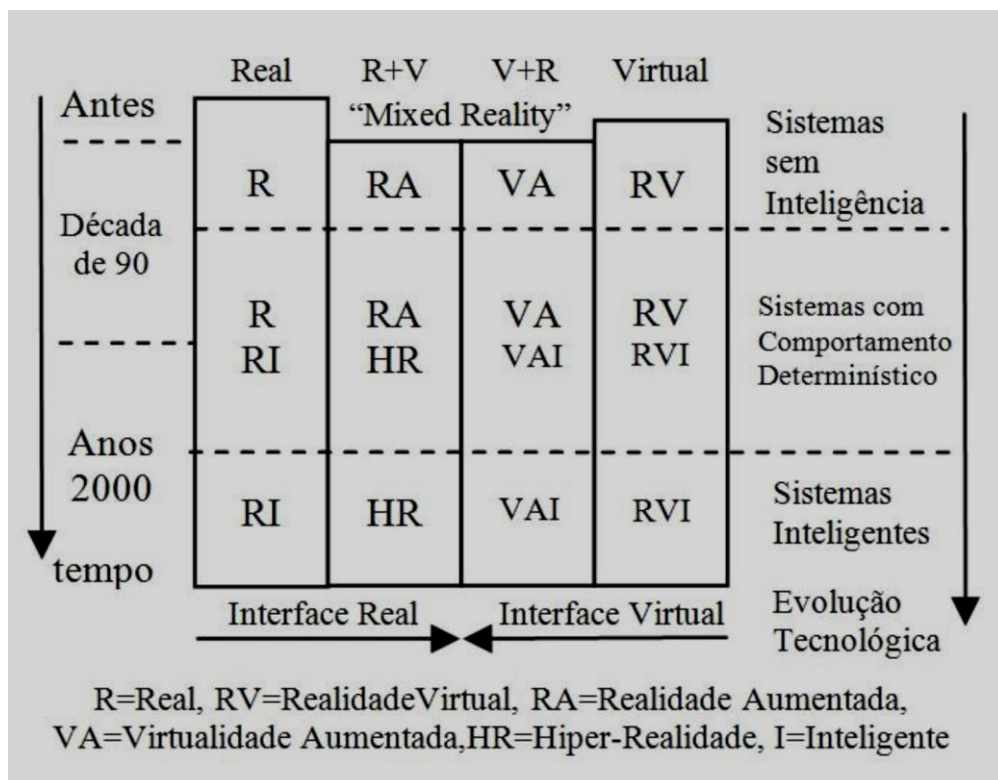
No âmbito da RA, há dois tipos de ambientes – os de RA, tendem a se aproximar do mundo real, enquanto os de virtualidade aumentada estão mais voltados para o mundo virtual. Até meados da década de 1990, a integração do ambiente virtual como o ambiente real permitia um baixo nível de interatividade. Nesse contexto, em um sentido amplo, os sistemas apresentavam funcionalidades simples.

Ainda na década de 1990, com a tecnologia avançando, tanto em relação a telecomunicações quanto à computação, possibilitou o surgimento de sistemas com comportamento não determinístico e interação multimodal, conforme Kirner, C. E Kirner, T. (2011). Os dispositivos começaram a incluir interfaces com maior interatividade e trazendo o conceito de experiência do usuário com interfaces mais amigáveis. Ainda segundo o autor, o rastreamento óptico começou a ser utilizado, em função dos avanços na área de visão computacional, possibilitando maior aplicabilidade em diversas áreas computacionais como: sistemas distribuídos, processamento paralelo, inteligência artificial, entre outras.

Já nos anos 2000, avanços tecnológicos, principalmente na área de inteligência artificial e interação multimodal, possibilitaram o desenvolvimento de dispositivos mais avançados e de sistemas de RA com maior nível de inteligência e comportamentos não determinísticos. Surgem objetos reais e sistemas virtuais inteligentes.

Observando esse contexto, a realidade virtual divide-se em outros conceitos, a partir de variações, como a RA, conforme Figura 3, que exemplifica a evolução dos sistemas reais e virtuais, em função de tecnologias.

Figura 3 - Evolução da transição do real para o virtual, em função do tempo e da tecnologia a presença do computador



Fonte: Kirner, C. e Kirner, T. (2011).

A partir de 2008, os *softwares* com essas tecnologias se valiam intensivamente de recursos de comunicação, como a internet. Segundo Kirner, C. e Kirner, T. (2011), essa combinação permitiu que aplicações baseadas de RA ficassem mais acessíveis, tornando-se mais populares, devido à disponibilidade de banda de conexão à Internet e surgimento de diversos *frameworks*¹ de desenvolvimento.

2.3 Realidade Aumentada aplicada ao Ensino de Matemática: uma revisão sistemática de literatura voltada para derivadas

A sociedade vem constantemente passando por mudanças, o surgimento de novas tecnologias e as demandas do mercado exigem um determinado nível de conhecimento. O processo educacional precisa acompanhar essas mudanças, uma vez que são exigidas competências para a resolução de problemas, a realidade aumentada pode ser aplicada no processo de ensino-aprendizagem. Com o uso de RA, a aquisição do conhecimento tem a possibilidade de visualização e manipulação, permitindo uma aproximação com a prática.

O *software* DataVis-AR é um exemplo, desenvolvido na Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP). O DataVis-AR (Data Visualization Virtual Environment Using Augmented Reality), segundo Buk (2005), é um sistema interativo de visualização de dados com Realidade Aumentada, que permite a análise de diferentes tipos de dados por meio de representações gráficas.

Outro exemplo é o *software* Meta3D++, desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sendo essa uma ferramenta de visualização de dados multidimensionais em ambiente de Realidade Aumentada (BUENO, 2005).

Para uma melhor exposição de como a RA vem sendo aplicada ao ensino, foi conduzida uma revisão sistemática de literatura abordando o uso da tecnologia para o ensino de matemática.

2.3.1 Objetivo e questão de pesquisa da revisão

Embora a RA ainda não seja de uso massivo, ela vem sendo cada dia mais utilizada, universidades vem desenvolvendo trabalhos aplicando essa tecnologia ao ensino, por meio da

¹ *Framework* em desenvolvimento de *software* é uma coleção de códigos prontos de diversas funções visando qualidade e produtividade no desenvolvimento.

visualização de informação com realidade aumentada. Buscando apresentar de forma prática a tecnologia que foi utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, esta revisão objetivou identificar estudos que propunham o uso de realidade aumentada no ensino de conteúdos matemáticos. Foi considerada a seguinte questão de pesquisa para a revisão: Quais as principais características relacionadas ao uso de realidade aumentada no ensino de conteúdos matemáticos, em particular derivadas?

Na presente revisão foi dada ênfase ao conteúdo de derivadas, por ser este um conteúdo de Matemática que permeia várias disciplinas da área da Computação, como Programação, Processamento de Imagens, entre outras. Ao longo do desenvolvimento do trabalho e a partir dos resultados desta revisão, observou-se que a RA pode ser aplicada no ensino de derivadas parciais, bem como em outras áreas do cálculo.

2.3.2 Critérios de inclusão e exclusão de estudos

Foram incluídos estudos originais, do tipo, trabalhos acadêmicos que apresentassem ou avaliassem o uso da tecnologia de realidade aumentada para o ensino de Matemática. Os demais critérios foram: trabalhos publicados de 2016 a 2020 e escritos em português ou espanhol. Não foram incluídos: estudos que apresentavam apenas conteúdos relacionados à demonstração e possibilidades de uso da RA; revisões sistemáticas; que o foco fosse apenas em realidade aumentada ou apenas em Matemática; estudos que abordassem realidade aumentada em outras áreas.

Dada a importância em se realizar um mapeamento das pesquisas sobre o assunto desta revisão, foram incluídos trabalhos teóricos e propostas de modelos, entre outros, não implementados na prática, mas devidamente fundamentados por pesquisa bibliográfica.

2.3.3 Estratégia de busca

As pesquisas foram realizadas nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo, CAPES, Springer Link, Science Direct, IEEE Xplorer e Wiley. Foi utilizado três conjuntos de intersecção de termos de busca bibliográfica. A partir da string de busca (("matemática") AND ("realidade aumentada") AND ("ensino" OR "aprendizagem") AND ("derivadas")) obteve-se os seguintes resultados: 182 resultados no mecanismo do Google; zero resultado no mecanismo da Scielo; um resultado no portal de periódicos da CAPES; zero resultado no portal Springer

Link; zero resultado no site IEEE Xplorer; zero resultado no mecanismo Wiley. A busca foi realizada em 15 de junho de 2021.

É importante ressaltar que para refinar a pesquisa no Google Acadêmico, dando maior especificidade, foi utilizado o termo (“derivadas”), contudo nos mecanismos internacionais citados, a busca com a aplicação desse conectivo não se obteve resultados.

Considerando a evolução da tecnologia de realidade aumentada e ambientes para seu desenvolvimento, bem como o uso em dispositivos móveis, percebe-se um amadurecimento recente na tecnologia, considerando que ainda há muitas dificuldades de teor tecnológico, nesse sentido foram restringidas as pesquisas no Google Acadêmico e portal CAPES, para trabalhos publicados a partir de 2016 até 2020, retornando ao total 183 resultados. Na Tabela 1 são apresentados os resultados da busca de acordo as bases de dados.

Tabela 1 – Resultados encontrados por mecanismo de busca

Base de Dados	Resultados	Selecionados
Google Acadêmico	182	02
Scielo	0	-
CAPES	1	0
Springer Link	0	-
IEEE Xplore	0	-
Wiley	0	-
Total	182	02

Fonte: Autor (2021).

Realizou-se uma primeira avaliação, tendo por base os títulos e o resumo dos artigos, e rejeitaram-se aqueles que não preencheram os critérios de inclusão ou apresentaram algum dos critérios de exclusão.

Após a aplicação dos critérios de inclusão/exclusão foram selecionados para análise dois estudos de distintas categorias, sendo um artigo e uma dissertação de mestrado.

2.3.4 Extração de dados

O procedimento utilizado para extração de dados foi a elaboração de uma planilha contendo os dados gerais dos trabalhos elencados com a finalidade de auxiliar na visualização do título, autor(es), tipo de trabalho, ano, idioma, nível de ensino e conteúdo matemático, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Dados dos trabalhos incluídos

Título	Autor(es)	Tipo de Trabalho	Ano	Idioma	Nível de Ensino	Conteúdo Matemático
AS REPRESENTAÇÕES TRIDIMENSIONAIS DAS SUPERFÍCIES QUÁDRICAS NA DISCIPLINA DE CÁLCULO COM REALIDADE AUMENTADA	Thaise Thurow Schaun	Dissertação de Mestrado	2019	Português	Graduação	Superfícies Quádricas
UM PANORAMA SOBRE PESQUISAS EM REALIDADE AUMENTADA EM MATEMÁTICA	Rozane da Silveira Alves, Thaise Thurow Schaun	Artigo	2019	Português	Graduação	Superfícies Quádricas

Fonte: Autor (2021).

2.3.5 Avaliação dos trabalhos

A categorização, a princípio, colaborou para uma avaliação dos estudos, uma vez que, com isso, foi possível identificar elementos desnecessários que não necessitavam ser extraídos. Esse formato permitiu considerar quais trabalhos atendiam o objetivo da revisão.

A fim de elucidar a questão de pesquisa, os trabalhos foram avaliados buscando identificar os aspectos qualitativos.

2.3.6 Síntese dos trabalhos

Embora a questão de pesquisa esteja relacionada ao uso de realidade aumentada no ensino de derivadas, seguindo os critérios descritos no protocolo da revisão, apenas dois trabalhos foram selecionados. Porém vale ressaltar que há diversos trabalhos com essa tecnologia voltada ao ensino com o uso de sólidos geométricos, química e física.

O trabalho intitulado “As Representações Tridimensionais das Superfícies Quádricas na Disciplina de Cálculo com Realidade Aumentada” (SHAUN, 2019) apresenta uma

investigação com estudantes da UFPel (Universidade Federal de Pelotas) sobre a utilização de Realidade Aumentada para visualização de objetos nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral no Espaço Tridimensional.

Na disciplina que foi feita a investigação optou-se pelo uso da RA com elementos para desenvolvimento de superfícies quádricas, pois sua representação tridimensional abrange diversos conteúdos de cursos de Ciências Exatas e o *software* MateAR.

Na parte pedagógica, a RA apresenta várias questões em comum com outras tecnologias utilizadas no ensino e aprendizagem, e para este trabalho foi utilizado o conceito de imagem conceitual (TALL; VINNER, 1981), pois de acordo com Shaun (2019), havia uma preocupação em incentivar a construção da imagem conceitual face às superfícies quádricas, em que sua representação imagética nos dispositivos móveis dialogassem com conceitos apresentados em sala de aula.

Para a avaliação, foi utilizada uma metodologia qualitativa para compreensão do uso do aplicativo em sala de aula. O contexto de aplicação foi no ambiente da UFPel no Instituto de Física e Matemática, bem como o Centro de Engenharias e nas disciplinas de Cálculo B e Cálculo 3. Foram explorados os conteúdos programáticos das disciplinas citadas, em especial, superfícies quádricas.

O aplicativo utilizado, o MateAR, foi desenvolvido no Instituto Tecnológico de Monterrey no México.

Para a análise dos dados, foram aplicados questionários antes e após a experimentação do aplicativo, bem como entrevistas com alunos e professores. A análise do conteúdo, baseada em Bardin (2011), foi empregada visando obter de modo sistemático e sintetizado as descrições de indicadores. Os resultados foram categorizados em Disciplinas e Currículos, Práticas Docentes nas Disciplinas, Estudantes, Aprendizados e Contribuições do Software.

Conforme apontados pelos alunos, foi identificado uma demanda com relação ao uso de aplicativos com representação gráfica no idioma Português.

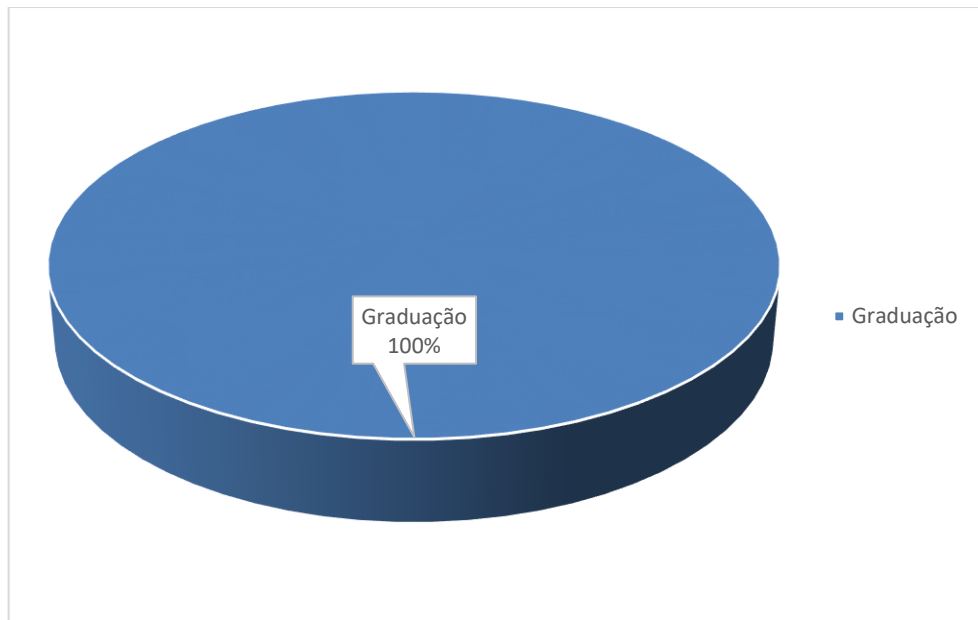
O artigo “*Um Panorama sobre Pesquisas em Realidade Aumentada em Matemática*”, (SCHAUN; ALVES, 2019), trata-se de uma publicação baseada em uma investigação realizada como pesquisa de mestrado, busca-se verificar a influência do uso de um aplicativo de RA para permitir uma melhor compreensão de superfícies quádricas nos conteúdos de Cálculo de múltiplas variáveis. Segundo Schaun e Alves (2019), o uso de RA pode constituir-se como auxílio para a compreensão de figuras tridimensionais. A RA também pode facilitar o processo de aprendizagem e na formação da imagem conceitual dos objetos, bem como correções deste conceito.

A relação de benefícios pedagógicos mantém-se ligada à forma de uso complementar aos conteúdos abordados e não na tecnologia isoladamente.

2.3.7 Resultados e discussão

A estratégia de pesquisa descrita encontrou 183 artigos. Ao final, dois trabalhos foram incluídos na revisão. Ambos os trabalhos foram desenvolvidos em ambientes de graduação. No Gráfico 1 pode ser visualizado o nível de ensino considerado.

Gráfico 1 - Trabalhos por nível de ensino



Fonte: Autor (2021).

Os trabalhos analisados mostraram efeitos benéficos em relação ao uso de realidade aumentada como auxílio em sala de aula. Apesar de que, em parte dos trabalhos apresentados, houve dificuldades quanto ao idioma.

Com relação à questão de pesquisa, e baseado nos critérios do protocolo da revisão, não houve trabalhos que abordassem o desenvolvimento de um aplicativo de realidade aumentada com o uso de derivadas, houve análises cunhadas a partir do uso de outros softwares, contudo os trabalhos incluídos na revisão contribuíram de modo que pudessem ser extraídos os métodos de desenvolvimento e aplicação para adequá-los a novos conteúdos, podendo inclusive aplicá-los outros conteúdos de cálculo.

2.4 Aprendizagem Matemática

Segundo Fiolhais e Trindade (2003), uma das características de disciplinas como a Matemática, que a torna mais complexa para os alunos, é estar atrelada a conceitos abstratos e em sua maioria contraintuitivos, e a abstração pelos estudantes não é elevada. Devido a esses fatores, muitos estudantes possuem dificuldades na compreensão dessas disciplinas, mesmo que usando exemplos aplicados no cotidiano. Dificuldades como as expostas podem ser mitigadas com o uso de interatividade, segundo Forte e Kirner (2009), uma opção é a aplicação de interação por meio de métodos de experimentação em atividades nos laboratórios, indo ao encontro da teoria construtivista, em que Piaget (1986) evidencia que o nível de aprendizado é proporcional com a interação que o aluno possui com um objeto, não estando atrelado ao objeto em si.

Conforme Villarreal (1999), o ensino de cálculo é comumente baseado em uma metodologia alicerçada na exposição teórica: definições, teoremas, propriedades, exemplos e exercícios, ou seja, comumente esses conteúdos, sistematizados e cheio de regras, são ofertados de modo apenas expositivo, embora haja dificuldades para o aprendizado, essas disciplinas são triviais para formação. Para Palis (1995), o Cálculo é importante para uma formação tecnológica e científica, sendo preceito para muitas áreas no Ensino Superior, porém tem sido considerado como fator que tem dificultado o acesso profissional nessas áreas.

Para Prensky (2001), na Matemática, por exemplo, as discussões devem não mais abranger o uso de computadores, pois são integrantes do mundo dos Nativos Digitais, devem focar na forma de usá-los para ensinar conteúdos que são úteis para serem internalizados, como habilidades e conceitos-chave. O autor descreve que precisamos nos ater na "Matemática futura" que trata aproximação, estatísticas e pensamento binário.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa adotada, com destaque para a abordagem de análise, a natureza da pesquisa, objetivo e procedimentos empregados, além de descrever a metodologia de desenvolvimento do aplicativo proposto e a avaliação de sua aplicabilidade.

3.1 Desenvolvimento da Pesquisa

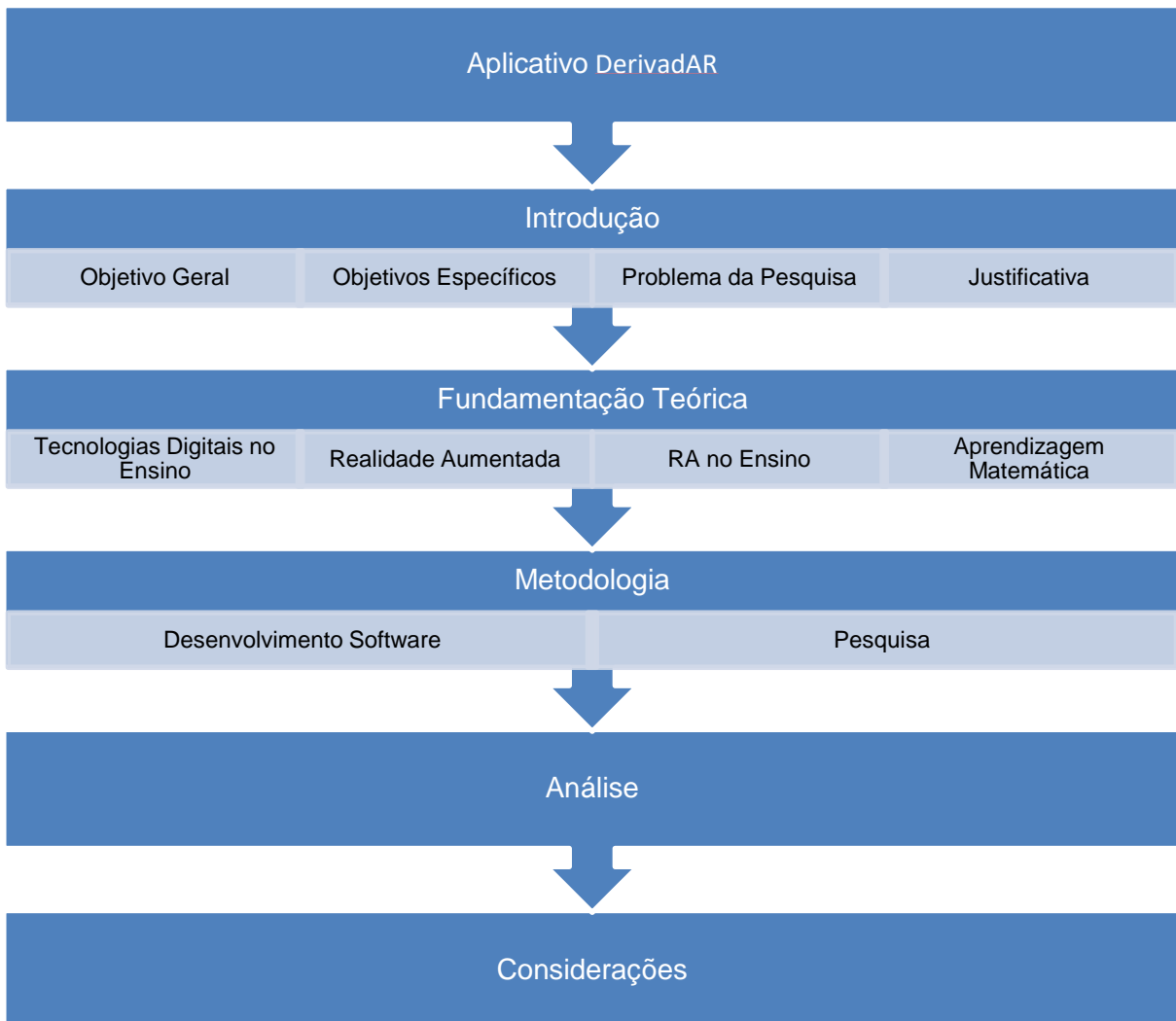
Este estudo trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, pois esta possui finalidades imediatas, com geração de produtos e/ou processos, no caso o desenvolvimento de um aplicativo. Quanto aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, pois aborda um assunto recente, com a finalidade de se obter mais informações e propor uma solução em nível de protótipo (GIL, 2010).

Quanto à abordagem, o trabalho emprega a abordagem qualitativa, visto que considera a coleta e produção de dados, interpretação e atribuição de significados, sendo aplicado os procedimentos: pesquisa bibliográfica, com conceitos de revisão sistemática de literatura (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), visando possibilitar a compreensão das contribuições das pesquisas desenvolvidas recentemente e aprofundar o conhecimento sobre a temática investigada; Desenvolvimento do Aplicativo, dividido em etapas de metodologias de desenvolvimento de software; Pesquisa de Opinião (GROVES et al., 2009) para a avaliação do aplicativo, buscando verificar a aplicabilidade do software de realidade aumentada desenvolvido como apoio ao ensino de derivadas parciais.

Esta pesquisa foi devidamente tramitada e autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNEMAT (Universidade do Estado de Mato Grosso), sob o CAAE (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética) 40517720.2.0000.5166 e aprovada por meio do Parecer nº. 4.510.057.

Os procedimentos metodológicos foram estruturados conforme exibido na Figura 4, em que são mostradas as etapas para o desenvolvimento da pesquisa, como as fases de projeto e de fundamentação e as etapas para o desenvolvimento do aplicativo, com adoção de uma metodologia específica para o desenvolvimento de *softwares*.

Figura 4 - Sequência da realização do trabalho



Fonte: Autor (2021).

A seguir são descritos a metodologia e o processo do desenvolvimento do aplicativo.

3.2 Desenvolvimento do Aplicativo

Para o desenvolvimento do *software* foi utilizada uma Interface de Desenvolvimento Integrado (IDE) e um motor de jogos desenvolvido pela empresa Unity Technologies, integrado em uma ferramenta conhecida como Unity3D, versão 2019.2.21f1 (64-bit).

Em conjunto com a ferramenta Unity3D foi utilizado o Vuforia SDK (Software Development Kit), uma plataforma de realidade aumentada, na versão com licença de desenvolvimento gratuito, que permite a construção de *software* e protótipos até que seja publicado.

O ambiente de desenvolvimento foi configurado em um computador com sistema operacional Mac OS Catalina versão 10.15.6, rodando sobre um processador Intel i5 Dual-Core 1.7Ghz, 4GB de memória RAM DDR3 1600Mhz, pois a compilação da aplicação para dispositivos móveis com sistema operacional iOS exige o uso deste sistema, bem como a compilação para sistemas Android. Foi utilizado também uma estação rodando sob o sistema operacional Windows 10 Pro Unity 2018.3.0f2 (64-bit) e Android Studio 4.1.0.

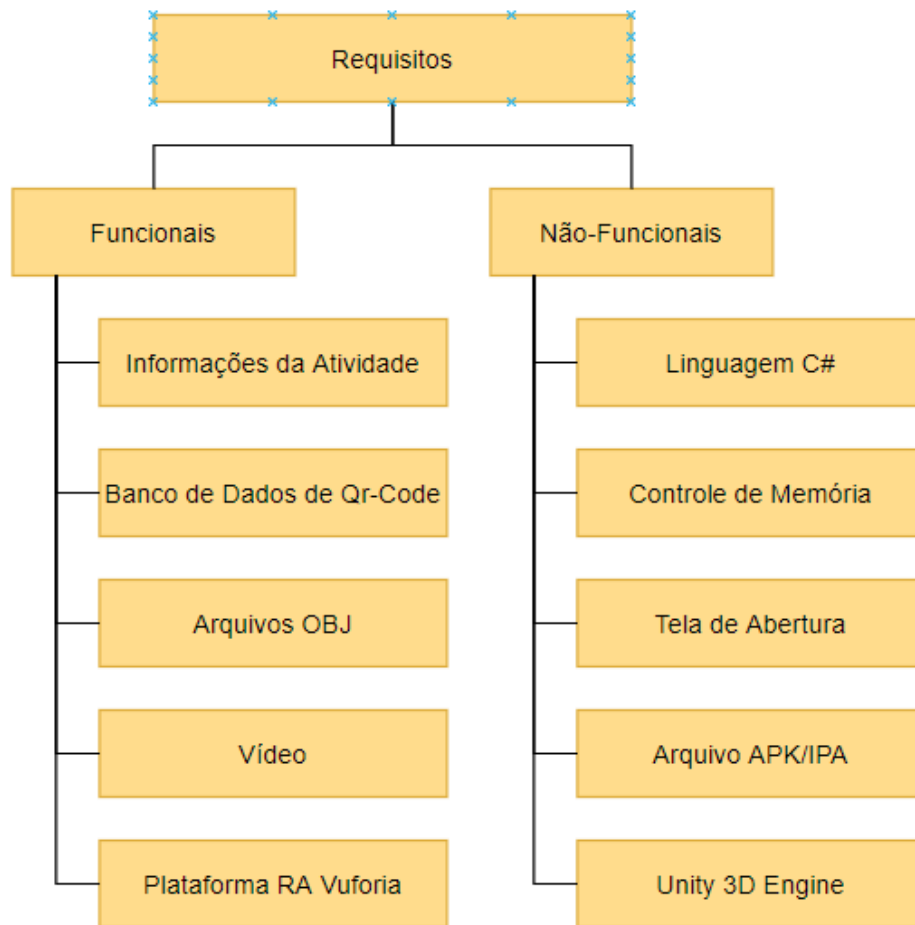
Quanto aos dispositivos físicos foi utilizado um smartphone Samsung modelo J6 32Gb rodando Android na versão 10 e Iphone 7 Plus, em que deu base para as configurações de resolução de tela 1920 por 1080 pixels.

3.2.1 Levantamento de requisitos

Com base nas especificações do aplicativo foi realizado o levantamento dos requisitos e divididos em requisitos funcionais, para as atividades inerentes ao presente trabalho, e não-funcionais para funcionalidades comuns a maioria dos *softwares*. Os requisitos foram definidos por um profissional do ensino e por um desenvolvedor de software com mais de 05 anos de experiência com o uso de realidade aumentada. A coleta de informações foi feita a partir de uma estória do usuário, por meio de entrevista online, sendo possível compreender o domínio da aplicação e dividi-las quanto às suas características. Foi utilizada notação UML (Linguagem de Modelagem Unificada).

O objetivo na construção do aplicativo foi de tornar disponível informações extras com relação a exercícios de cálculo diferencial, sendo ofertadas informações sobre conceitos utilizados no exercício, exemplo de aplicação, vídeo explicativo e exibição do gráfico 3D para manipulação pelo usuário. Os requisitos definidos como funcionais foram as interfaces que carregam as informações de cada exercício, a base com os *qr-codes*, os controles de manipulação dos arquivos tridimensionais importados, a interface de exibição de vídeo e arquivos importados da plataforma de realidade aumentada, os demais artefatos do aplicativo foram classificados como não-funcionais. Os requisitos não funcionais elencados foram, a linguagem de programação a ser adotada, o sistema de gerenciamento de memória que por ser um dispositivo móvel a quantidade tende a ser mais limitada, interface de abertura, exportação e o motor de jogo escolhido. A Figura 5 ilustra os requisitos especificados segundo a classificação citada acima.

Figura 5 - Requisitos



Fonte: Autor (2021).

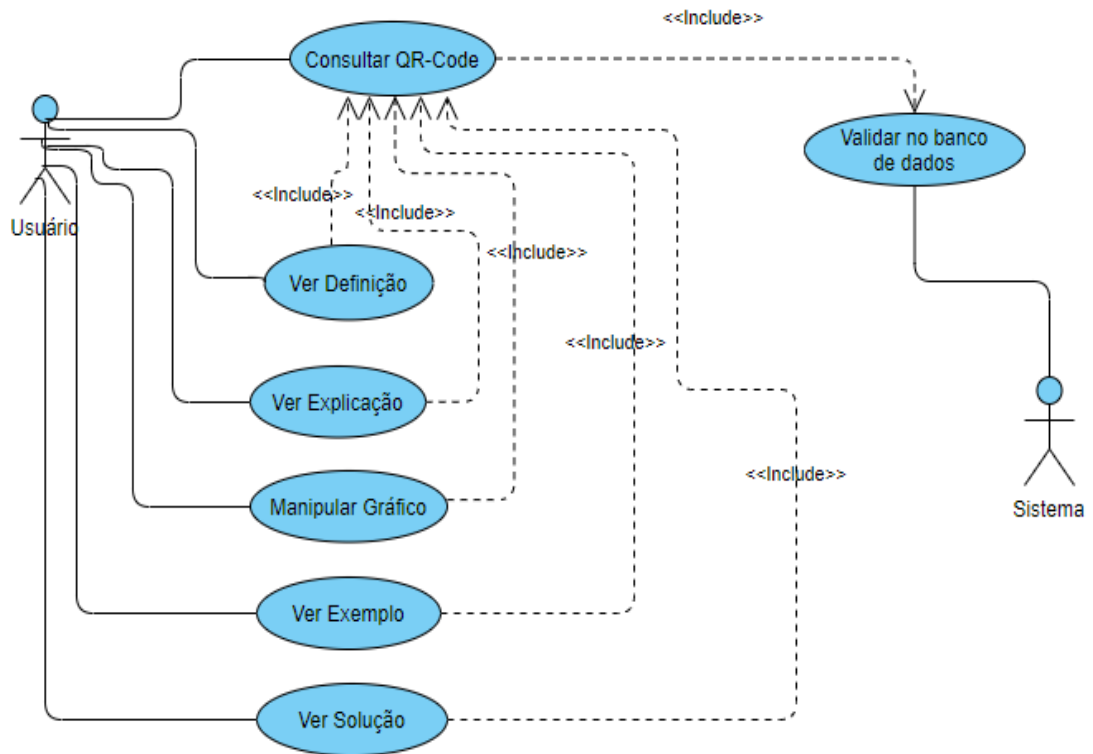
Vale ressaltar que o banco de dados de *qr-code*, foi definido como um requisito funcional, pois a aplicação necessita da importação das imagens a serem identificadas e associadas aos objetos 3D, sem esta base a câmera não possui referência do que identificar para sobreposição do gráfico.

3.2.2 Modelagem

A partir do levantamento dos requisitos foi confeccionado o diagrama de caso de uso usando notação UML (Linguagem de Modelagem Unificada) que é uma linguagem para modelagem de projetos de *software*. A modelagem do diagrama serviu para orientar o desenvolvimento e a identificação das características do *software*. O diagrama de caso de uso do aplicativo DerivadAR pode ser visto na Figura 6, que destaca o usuário como ator principal, as funcionalidades como: Consultar QR Code, Ver Definição, Ver Explicação, Manipular

Gráfico, Ver Exemplo, Ver Solução e o ator Sistema com o caso de uso de Validar (QR code) no banco de dados.

Figura 6 - Diagrama de Caso de Uso



Fonte: Autor (2021).

3.2.3 Programação

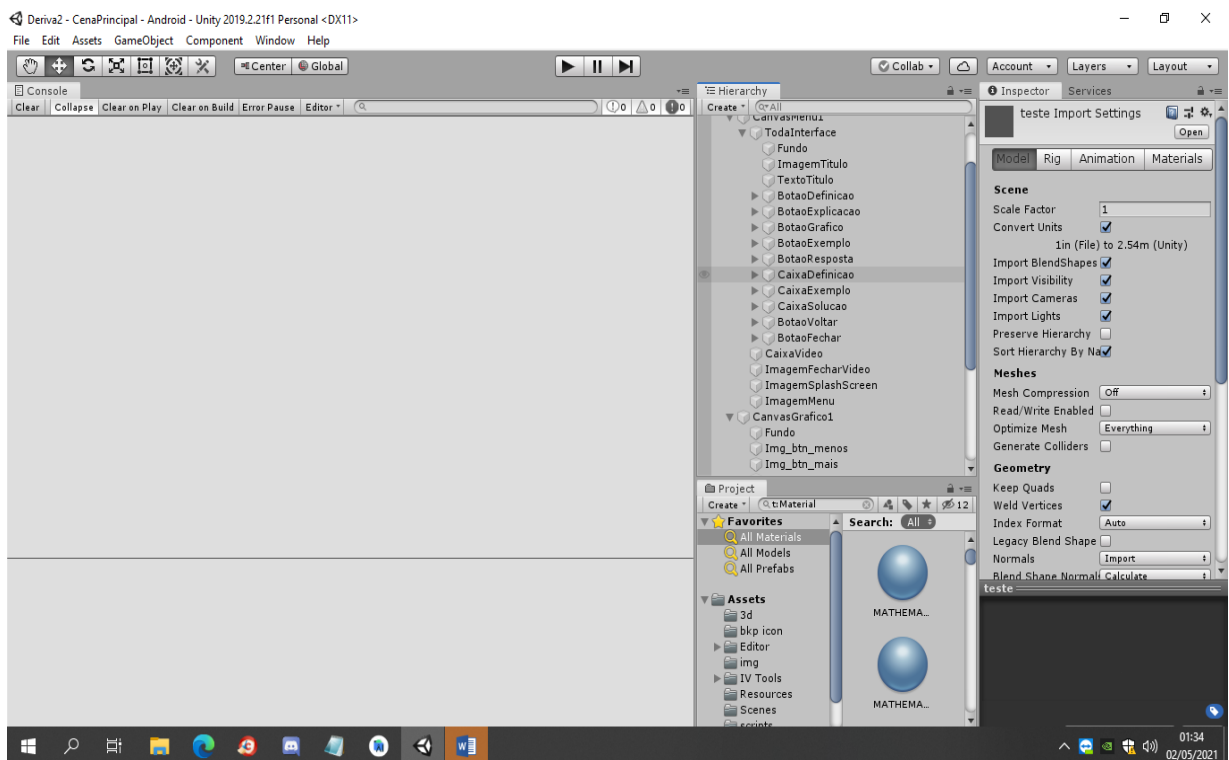
O desenvolvimento do aplicativo seguiu baseado em adaptações de metodologias ágeis de desenvolvimento de *software*, como XP – *Extreme Programming* (BECK, 2000), incorporando as fases de planejamento, projeto e codificação, porém não adotando a recomendação de codificação por pares, pois o desenvolvimento foi realizado por um programador. Com relação a metodologia XP, esta foi adotada parcialmente para incorporar alguns princípios que facilitaram o desenvolvimento, como redução do excesso de documentação e evitar a rigidez do processo de desenvolvimento de um método tradicional, como o de desenvolvimento em cascata. Dentre os valores adotados pelo XP, a simplicidade foi o valor utilizado para nortear a construção do aplicativo, pois facilitaria as etapas de entrega além de tornar o processo mais flexível. Foi usado também o conceito de refatoração a partir da segunda *release* (pequena versão). Houve duas iterações iniciais para liberação da primeira

versão, na primeira iteração obteve-se a definição do formato pedagógico para exibição das informações dos exercícios, foi realizada com *stakeholder* (parte interessada), neste caso, um professor de cálculo diferencial e integral. Na segunda iteração foi definido, juntamente com um profissional especialista em desenvolvimento com realidade aumentada, as tecnologias mais adequadas para realização do projeto e então foi entregue a primeira *release*, em que foram liberadas funcionalidades de leitura à partir da câmera e a interface de exibição das informações, na etapa de planejamento da release posterior a prioridade foi a importação dos dados da plataforma e inserção do objetos tridimensionais e então foi disponibilizada a segunda *release*.

Foram utilizados alguns artefatos do *framework Scrum* (SCHWABER; BEEDLE, 2002), como planejamento do *sprint*, definição do *sprint backlog*, que consistiu na criação de uma lista de atividades a serem realizadas em um período de tempo pré-definido, visando facilitar a organização dos processos e a análise das atividades, *sprint review*. O processo de refatoração, na segunda *release*, foi realizado a partir de uma análise de revisão na classe de exibição do objeto 3D com relação as funcionalidades de movimentação. Cada requisito do aplicativo foi transformado em uma atividade no *sprint backlog*.

Na Figura 7 é mostrado a interface do *software* usado para o desenvolvimento do aplicativo.

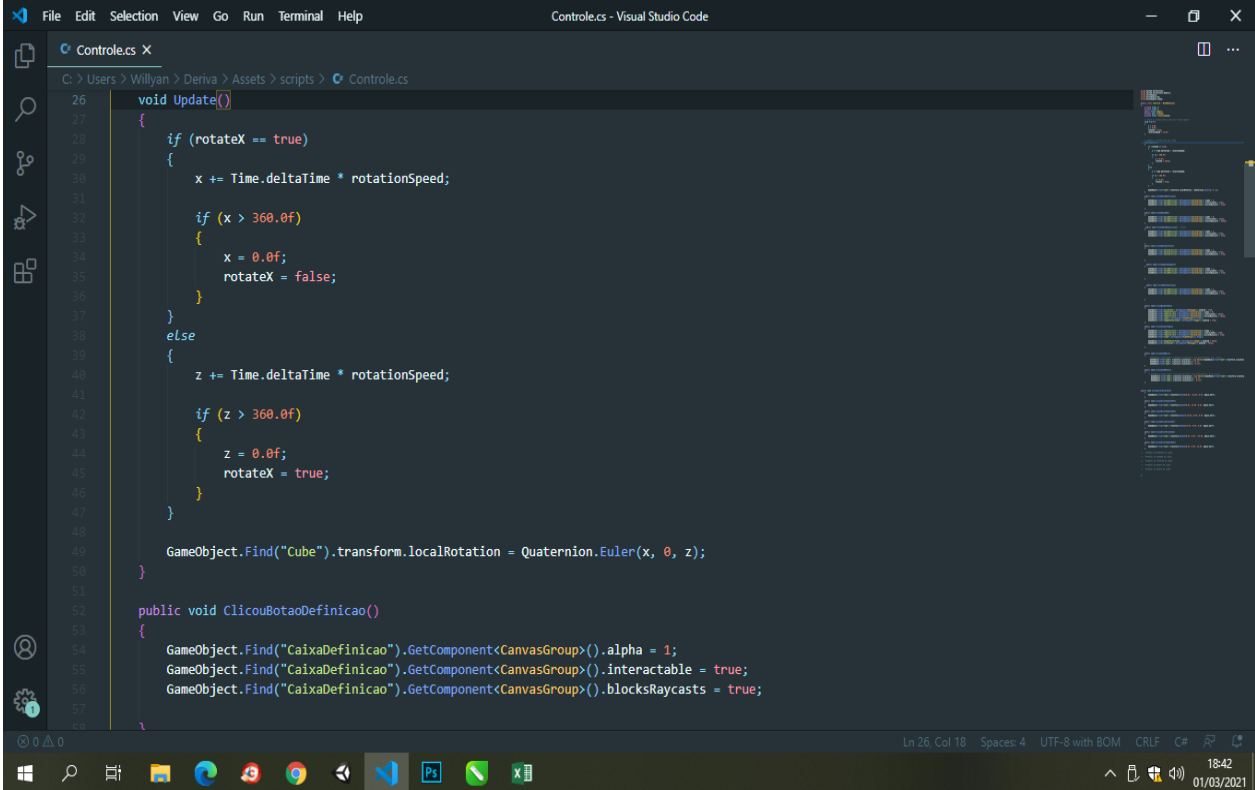
Figura 7 - Interface de software de desenvolvimento



Fonte: Autor (2021).

A linguagem de programação C# (C Sharp) foi usada por ser suportada pela *Engine* Unity 3D. Na Figura 8 é mostrado o código em C# do arquivo de script que faz o controle das principais funcionalidades do aplicativo, em destaque para a função de atualização de frames.

Figura 8 - Código da função *update()* na linguagem C#



```

26 void Update()
27 {
28     if (rotateX == true)
29     {
30         x += Time.deltaTime * rotationSpeed;
31
32         if (x > 360.0f)
33         {
34             x = 0.0f;
35             rotateX = false;
36         }
37     }
38     else
39     {
40         z += Time.deltaTime * rotationSpeed;
41
42         if (z > 360.0f)
43         {
44             z = 0.0f;
45             rotateX = true;
46         }
47     }
48
49     GameObject.Find("Cube").transform.localRotation = Quaternion.Euler(x, 0, z);
50 }
51
52 public void ClicouBotaoDefinicao()
53 {
54     GameObject.Find("CaixaDefinicao").GetComponent<CanvasGroup>().alpha = 1;
55     GameObject.Find("CaixaDefinicao").GetComponent<CanvasGroup>().interactable = true;
56     GameObject.Find("CaixaDefinicao").GetComponent<CanvasGroup>().blocksRaycasts = true;
57 }

```

Fonte: Autor (2021).

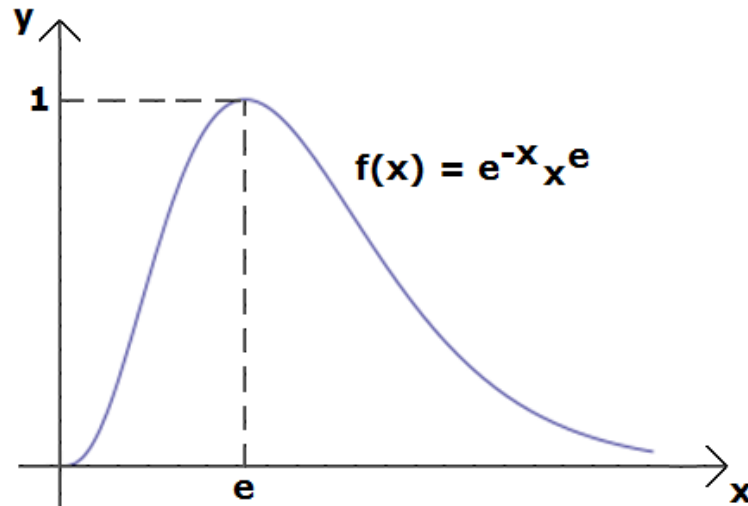
3.2.4 Testes do aplicativo

Foram realizados testes para identificação de erros, correções e documentação para desenvolvimento de outras funcionalidades. Os testes procuraram seguir práticas da metodologia XP – *Extreme Programming* (BECK, 2000), com testes constantes, incluindo a aplicação de testes para verificação de cada parte produzida (teste de unidade não automatizados) e testes para verificação do aplicativo como um todo (teste funcional) de modo exploratório.

Os testes indicaram que o uso do *QR code* (Quick Response Code) dificulta a identificação pela câmera dependendo da distância e da luz ambiente. Como proposta para essa situação, recomenda-se a modificação dos marcadores *QR code* no banco de dados da

plataforma Vuforia², substituindo-o por uma imagem de fácil distinção, por exemplo, a própria fórmula de um exercício ou um gráfico 2D, conforme exemplo mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Gráfico da função $e^{-x} x e$



Fonte: Plotado por Paulo Sergio Costa Lino (2021).

O aplicativo encontra-se na segunda versão 0.2, em que foram corrigidos erros identificados na versão inicial. Os testes realizados para identificação dos erros foram realizados de modo exploratório, pois embora a metodologia XP preconiza o uso de testes automatizados, testes de integração e até processo de desenvolvimento orientado por testes, como Test Driven Development (TDD), esses não foram adotadas devido a características inerentes ao projeto como a simplicidade. Foram realizados apenas testes de unidades em classes específicas. No Quadro 2 são exibidos os *bugs* documentados.

Quadro 2 - Falhas identificadas

Erro	Versão 0.1	Versão 0.2	Descrição
Na exibição Arquivo 3D	Sim	Não	Aplicação do Zoom fazia desaparecer o objeto da tela.
No encerramento da aplicação	Sim	Sim	Dependendo da versão do sistema operacional do dispositivo móvel, a aplicação não encerra a partir de rotina interna.

Fonte: Autor (2021).

² Plataforma de desenvolvimento de software de realidade aumentada

Para disponibilização do aplicativo em produção é necessário que toda uma plataforma de operação esteja disponível para que o professor que irá cadastrar o conteúdo possa fazê-lo por meio de um painel administrativo, com controle de usuários e que possa fazer de forma remota. A partir dessa análise, identificou-se algumas funcionalidades essenciais para posterior implementação, dentre estas, destaca-se a necessidade do desenvolvimento de um sistema de gestão de atividades, disponível *on-line*, para que o criador do conteúdo possa fazer alterações e inserções das informações e de outras atividades sem a necessidade de gerar uma nova atualização do aplicativo a cada alteração necessária, ou seja, o aplicativo consumiria os arquivos online por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API) . No Capítulo 4 o aplicativo é apresentado detalhadamente.

3.3 Procedimento usado na produção dos dados

Para a identificação da viabilidade do uso do aplicativo em sala de aula, houve a participação de um grupo formado por seis professores do ensino superior, que ministram disciplinas da área de Matemática ou de Cálculo Diferencial e Integral. Os participantes possuem entre quatro anos e 25 anos de experiência, sendo que um possui quatro, um possui cinco, um possui nove, um possui 10, um possui 15 e um possui 25 anos. Os participantes atuam/atuaram nas respectivas universidades, três na Universidade do Estado de Mato Grosso, um no Instituto Federal da Bahia, 01 um Instituto Federal de Mato Grosso e um na Universidade Estadual de Campinas, ministrando disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral e disciplinas que usam os conceitos de derivadas, nos cursos de Ciência da Computação, Engenharia de Produção Agroindustrial, Engenharia Elétrica, Matemática, Mestrado Profissional em Matemática Aplicada e Computacional e Química, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados dos participantes

Participante	Tempo de Experiências (anos)	Instituição que ministra/ministrou	Disciplina
Participante 1	04	Unicamp	Métodos Numéricos e Aplicações
Participante 2	10	IFMT	Química Analítica
Participante 3	15	Unemat	Cálculo
Participante 4	09	Unemat	Cálculo
Participante 5	25	IFBA	Álgebra Linear
Participante 6	5	Unemat	Cálculo

Fonte: Autor (2021).

O aplicativo foi apresentado e disponibilizado aos professores, para conhecerem suas funcionalidades e experimentarem sua forma de uso. Posteriormente foi aplicado um questionário avaliativo.

O procedimento utilizado para produção de dados foi a aplicação de questionário estruturado como instrumento, contendo perguntas abertas e fechadas. O método *Survey* foi adotado para a coleta dos dados, por ser um método considerado adequado para sobre obtenção de dados, confirmação ou refutação de uma hipótese ou relacionamento entre fenômenos, aplicados sobre uma população-alvo, geralmente utilizando o questionário como instrumento conforme Marconi e Lakatos (2006).

O questionário possui 17 questões, sendo 14 fechadas e três abertas, conforme pode ser visto no Apêndice A.

3.4 Avaliação da tecnologia utilizada no aplicativo

A avaliação foi realizada a partir de uma perspectiva direcionada às potencialidades do uso do aplicativo com realidade aumentada voltado ao ensino. De acordo com Silva e Elliot (1997) e Fagundes (2014), avaliações desta natureza devem ser efetuadas por especialistas no conteúdo, neste caso, em tópicos de derivadas parciais abordados por meio do aplicativo.

3.4.1 Participantes

O grupo de participantes especialistas, visando avaliar a tecnologia usada no aplicativo, possuía duas opções para conhecê-lo, podendo escolher a que lhe fosse mais conveniente. As opções eram: a) instalação do aplicativo no aparelho; b) avaliação a partir da apresentação em vídeo demonstrativo do funcionamento completo do aplicativo.

Justifica-se a oferta da segunda opção, pois o aplicativo não está disponível nas lojas oficiais de aplicativos (Play Store do Google e App Store da Apple), sendo assim, alguns aparelhos restringem sua instalação, necessitando de habilidades técnicas para liberação da instalação, além da possibilidade de sentimento de insegurança ao instalar um aplicativo não-verificado.

Após demonstração do aplicativo, foram disponibilizados quatro exercícios, que continham um *QR code*, que ao ser reconhecido, exibe na tela do celular os seguintes botões: Definições (definições ou descrição complementar sobre o tema derivada parciais), Explicação

(vídeo explicativo), Gráfico (objeto tridimensional com possibilidade de interação), Exemplo (exemplo de aplicação do conceito) e Solução passo-a-passo.

Este trabalho ainda não apresenta resultados de utilização das aplicações com estudantes.

3.4.2 Procedimentos para análise dos dados

A síntese está baseada na análise qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994), a partir dos dados coletados por meio do questionário, a fim de trazer reflexões para o processo de ensino, como a utilização de tecnologias modernas. Vale ressaltar que, de acordo com Garnica (2001), em pesquisas qualitativas pode haver a flexibilização de modelos e da sistematização.

A análise dos dados foi realizada buscando identificar nas respostas características que atendessem os objetivos propostos pelo estudo. Para Bogdan e Biklen (1994), esta etapa contempla desde a organização dos dados à identificação de elementos chaves para a análise, conforme aplicado nesta pesquisa, desde a organização dos dados à síntese de padrões encontrado nas respostas de modo a criar as categorias de codificação. A análise é apresentada no Capítulo 5.

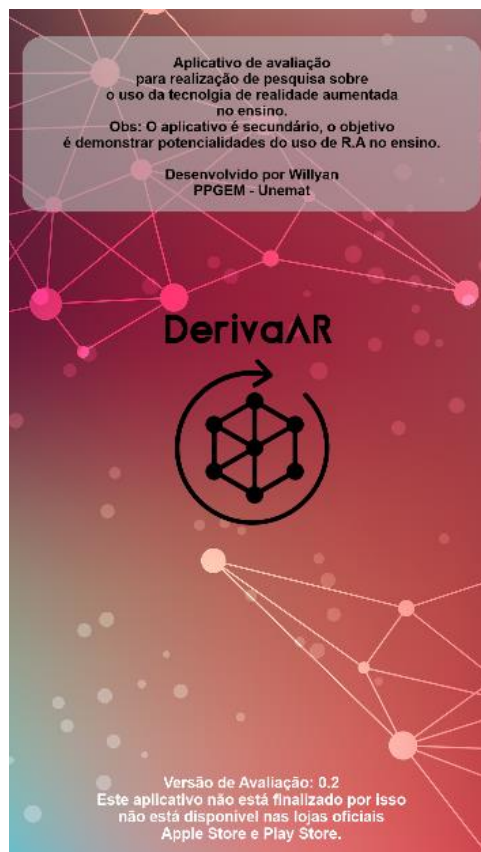
4 O APLICATIVO DERIVADAR

Neste capítulo são apresentadas as características do aplicativo. Seu nome “DerivadaAR”, indica a concatenação dos termos “derivada” e “AR Augmented Reality”, pela palavra da expressão em português e o acrônimo das palavras em inglês. O funcionamento do aplicativo é baseado na leitura de um marcador, que ao ser identificado pela câmera, é exibido, sobrepondo ao marcador um conteúdo associado.

4.1 Tela de abertura

Ao abrir o aplicativo é exibida a tela de abertura (*splashScreen*) com as informações do aplicativo como versão, finalidade e dados sobre o desenvolvedor, programa da pós-graduação e linha de pesquisa. A tela de abertura fica exposta por três segundos, posteriormente a câmera do dispositivo é habilitada para leitura do *QR code*, que se for válido, então é exibido um menu com as opções para o exercício identificado. Na Figura 10 é mostrada a tela de abertura.

Figura 10 - Tela de Abertura

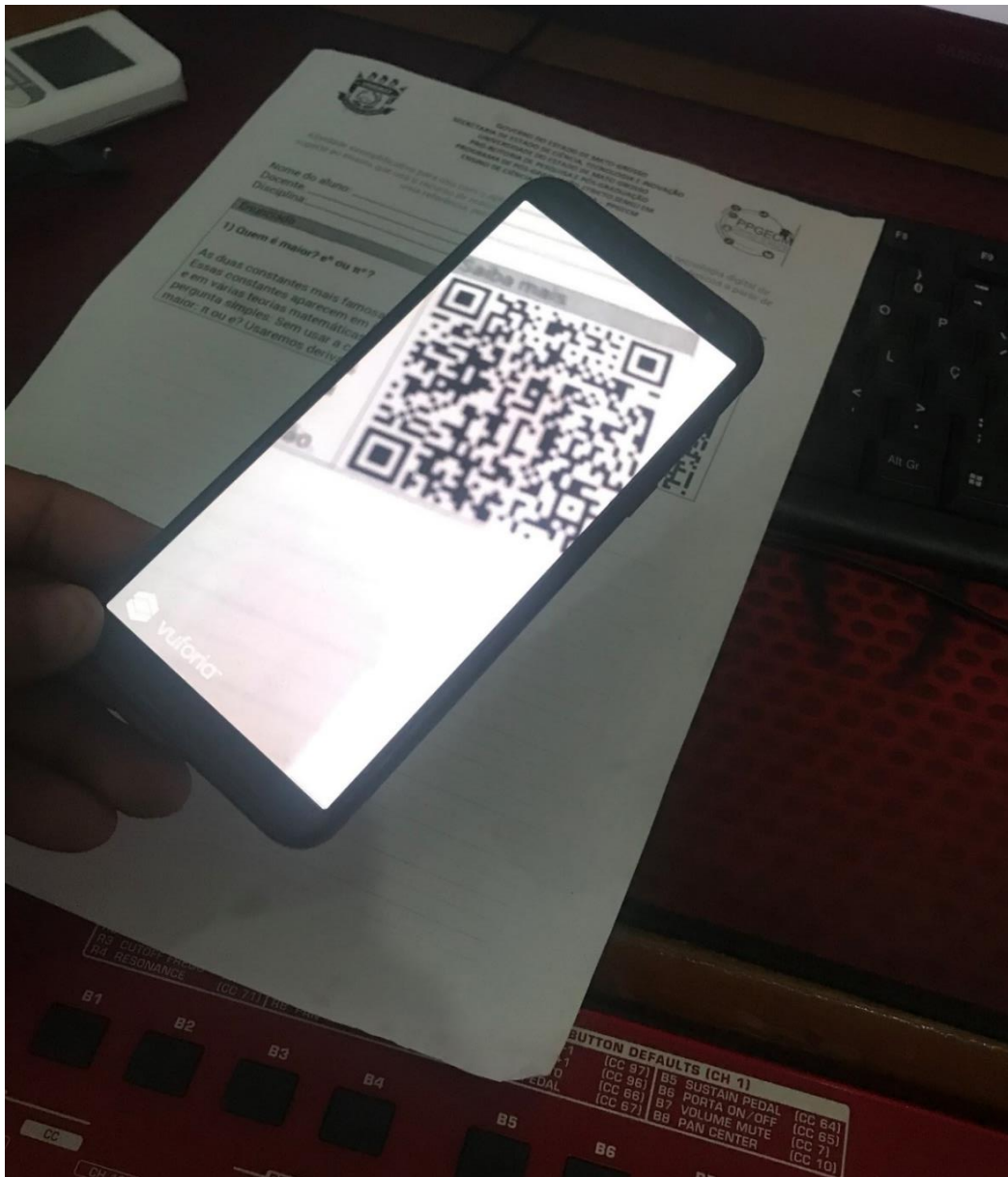


Fonte: Autor (2021).

Na Figura 11, é mostrada a tela com a câmera habilitada, para que o usuário aponte para o *QR code*. A opção por disponibilizar o conteúdo aumentado em um dispositivo móvel deu-se em razão do aparelho celular do tipo *smartphone* ser um equipamento que muitos alunos de graduação têm acesso.

Foi considerado também o uso de uma folha de papel com um *QR code* que disponibiliza mais opções sobre um determinado exercício, a fim de permitir que o aluno consuma mais conteúdo referente ao tema, diminuindo a possibilidade de distração ao abrir páginas de buscas, além de ofertar conteúdo interativo, buscando manter a atenção do aluno.

Figura 11 - Leitura do QR code a ser rastreado, em que são sobrepostas informações virtuais



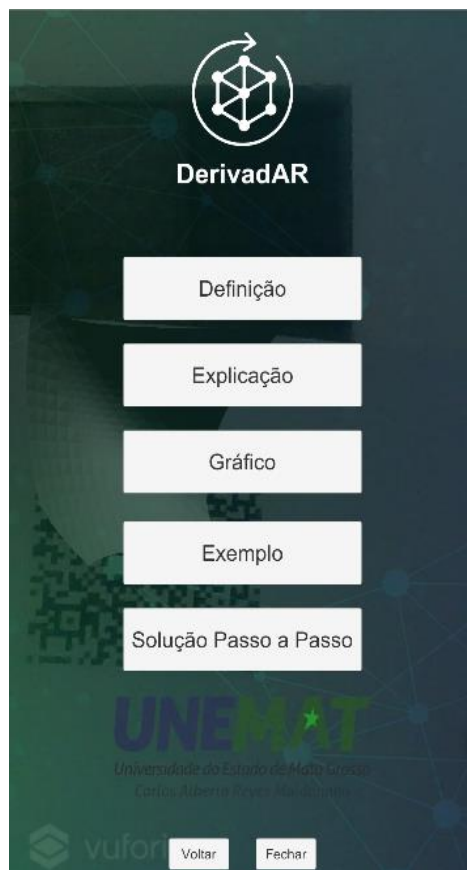
Fonte: Autor (2021).

4.2 Menu principal

Uma vez identificado o marcador, é exibido uma tela com as opções de informações extras referentes ao exercício identificado, conforme pode ser visto na Figura 13. A escolha desses conteúdos deu-se em razão da possibilidade de o aluno ser sujeito ativo no processo de aprendizagem, a partir de sua ambientação, buscando construir conhecimento a partir da experiência vivenciada com o aplicativo. O aplicativo não ofusca o papel do professor, pelo contrário, visa permitir que o aluno tente resolver as questões autonomamente com o conteúdo extra.

Visando não poluir o aplicativo ou acabar distraindo o aluno com excesso de informações, o aplicativo detém-se a disponibilizar, para cada exercício, informações objetivas e relevantes para o processo de ensino, baseado em uma sequência pautada no conceito de Vygotsky (1984) de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e no aprendizado a partir da visão de Lévy (1993), que considera a cognição a partir da composição da percepção, imaginação e manipulação, tendo a informática como elemento integrador na forma de construção do conhecimento.

Figura 13 - Menu da aplicação



Fonte: Autor (2021).

4.2.1 Tela de definição

Na Figura 14 é mostrada a tela de detalhe, exibida ao ser tocado o botão definição, em que pode ser exibida uma descrição complementar ao enunciado impresso, apresentando a definição formal do tema, por exemplo.

Figura 14 - Tela de definição

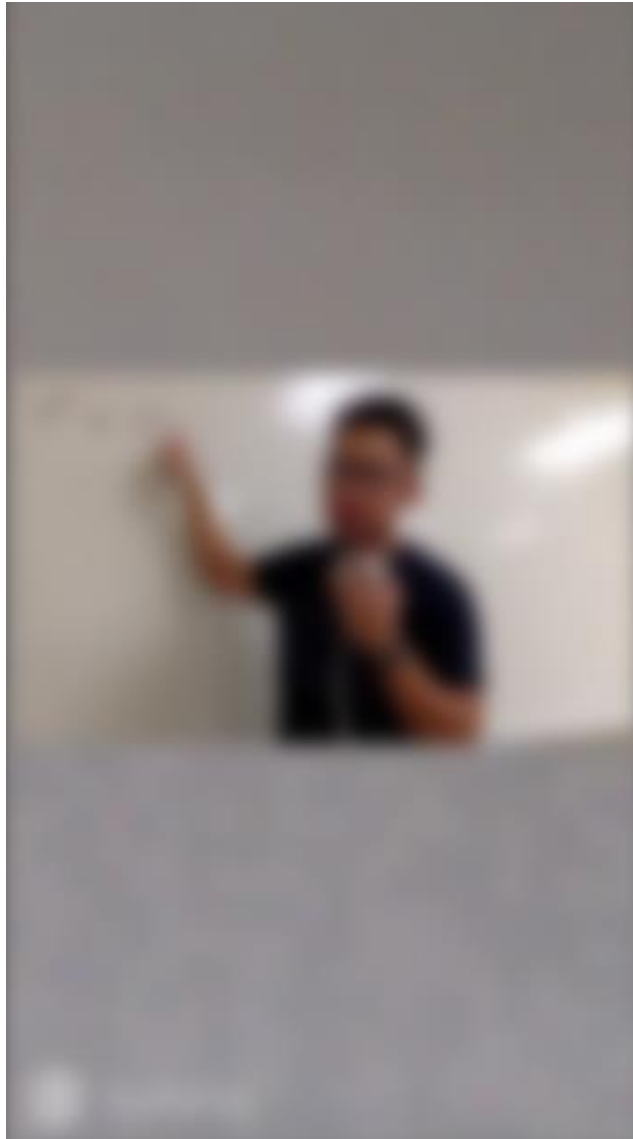


Fonte: Autor (2021).

4.2.2 Tela de vídeo explicativo

Na Figura 15 é mostrada outra tela de detalhe, exibida ao ser tocado o botão explicação. Nesta opção, é mostrado um vídeo exemplificativo com a explicação do conteúdo. O vídeo é inserido a partir de uma *Uniform Resource Locator* (URL). A inserção de um vídeo foi adotada por considerar que, a partir de uma orientação, como por intermédio de vídeo, o aluno pode entender melhor o exercício e a explicação do conceito, potencializando que o aprendizado novo saia da Zona de Desenvolvimento Proximal e passe para a real.

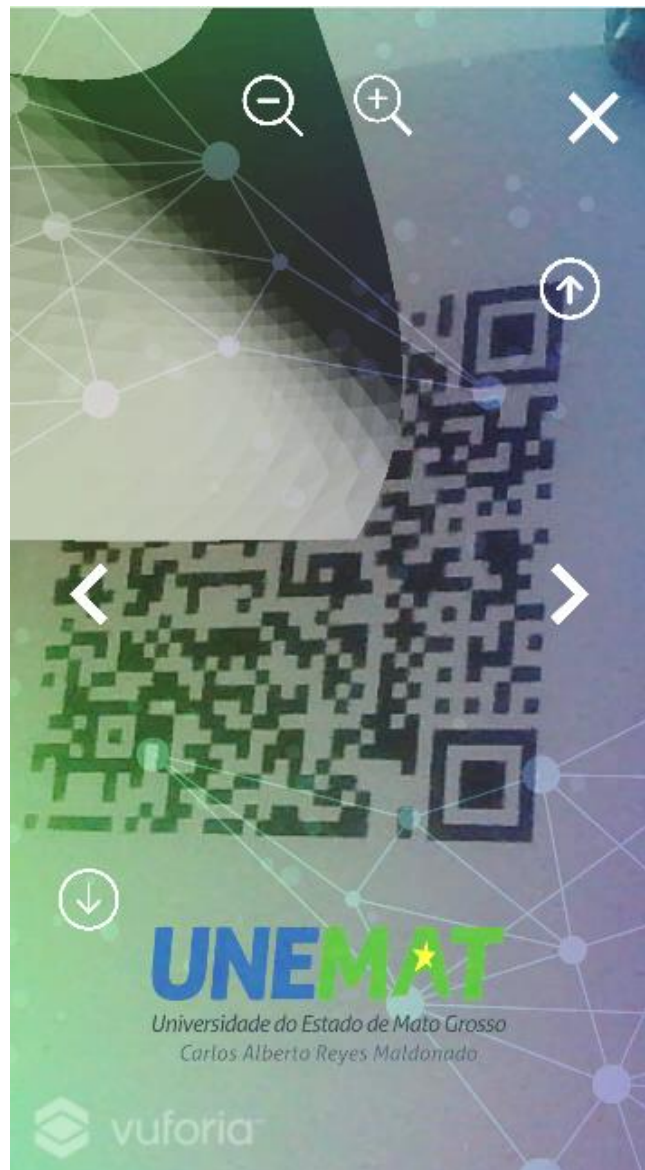
Figura 15 – Vídeo explicativo



Fonte: Autor (2021).

4.2.3 Tela de gráfico 3D

Na Figura 16 é mostrada a tela exibida ao ser tocado o botão gráfico. Nessa tela é exibido um gráfico tridimensional, carregado a partir de um arquivo 3D no formato .obj (formato de arquivo de definição de geometria), em que é permitido ao usuário um determinado nível de interatividade com o gráfico, podendo movimentar a folha de papel e junto mover o objeto 3D, uma vez que sua exibição está ancorada ao *QR code*. Nesta etapa o usuário pode manipular o objeto, aproximando ou distanciando o *zoom* e girando-o tanto no eixo das abscissas quanto no eixo das coordenadas.

Figura 16 - Gráfico 3D

Fonte: Autor (2021).

O gráfico apresentado no exercício acima foi gerado na plataforma computacional Wolfram Alpha, a partir de uma função matemática. Para obtenção do arquivo 3D, deve-se possuir uma licença. Nesta pesquisa optou-se pelo licenciamento para uso de estudante ao custo de US\$ 4,75 (dólares americanos) mensais. Após a inserção da função, é possível exportar o gráfico 3D em um arquivo .obj e importá-lo no Unity (*software* utilizado para desenvolvimento do aplicativo).

4.2.4 Tela de atividade exemplo

Na Figura 17 é mostrada a tela de detalhe, exibida ao ser tocado o botão exemplo. Nesta tela é exibido de forma textual um exemplo para consulta rápida pelo aluno, caso tenha dúvida na aplicação do conceito, sem a necessidade de ter que visualizar outras opções.

Figura 17 – Atividade de exemplo

Calculando os seus pontos críticos:

$$f'(x)=0 \Rightarrow -e^{-x} x^e + e^{-x} e x^{e-1} = 0 \Rightarrow x^{e-1} e^{-x} (e-x) = 0$$

de modo que $x_1=0$ e $x_2=e$ são os pontos críticos e pelo teste da derivada segunda, $x_2=e$ um ponto de máximo relativo, ou seja, para $x \geq 0$ temos

$$f(x) = e^{-x} x^e \leq f(e) = e^{-e} \cdot e^e = e^0 = 1$$

FECHAR

Voltar Fechar

Fonte: Autor (2021).

4.2.5 Tela de solução

Na Figura 18 é mostrada uma tela de detalhe, exibida ao ser tocado o botão solução. Nesta tela é apresentada a solução do exercício proposto. Na tela de detalhes também é possível a inserção de imagens, que podem ser exibidas em formato de *slide* ou em conjunto com o texto.

Figura 18 - Solução do exercício

Para $x \geq 0$, considere a função $f(x) = e^{-x} x^e$

Esta função possui um único ponto de máximo local em $x=e$.

Para ver isso, calculamos os seus pontos críticos, ou seja,

$$f'(x) = 0 \Rightarrow -e^{-x} x^e + e^{-x} e x^{e-1} = 0 \Rightarrow x^{e-1} e^{-x} (e-x) = 0$$

de modo que $x_1=0$ e $x_2=e$ são os pontos críticos e pelo teste da derivada segunda, $x_2=e$ um ponto de máximo relativo, ou seja, para $x \geq 0$ temos

$$f(x) = e^{-x} x^e \leq f(e) = e^{-e} \cdot e^e = e^0 = 1$$

Em particular, sendo $\pi > e$, então

$$f(\pi) < f(e) = 1 \Rightarrow e^{-\pi} \cdot \pi^e < 1 \Rightarrow \pi^e < e^\pi$$

FECHAR

Voltar Fechar

Fonte: Autor (2021).

Os recursos presentes no aplicativo foram apresentados, o conteúdo de cada tela está relacionado ao código do exercício, identificado por um *QR code*. A inserção de conteúdo no aplicativo foi feita a partir da importação de textos, links e vídeos, configurados diretamente no aplicativo. Para uso efetivo no dia a dia, é necessária a disponibilização de uma plataforma de gestão de conteúdo, visando dinamizar o processo de inserção de informações e de novos exercícios.

5 AVALIAÇÃO DO APLICATIVO

Neste capítulo é apresentada uma avaliação do aplicativo DerivadAR, com discussão dos resultados obtidos, considerando os dados produzidos de um total de seis professores participantes.

5.1 Condução da avaliação

A avaliação foi conduzida a partir do método *Survey* aplicando um questionário como instrumento para coleta de dados, conforme Apêndice A, tendo sido disponibilizado em uma plataforma *on-line* (Google Forms). Foi liberado aos participantes: um arquivo PDF (Portable Document Format) contendo quatro páginas, cada página com um exercício de aplicação de derivadas: o exercício um é mostrado no Apêndice B; o exercício dois é mostrado no Apêndice C; o exercício três é mostrado no Apêndice D; e o exercício quatro é mostrado no Apêndice E. Também foi disponibilizado um arquivo para instalação do aplicativo em celulares com sistema operacional Android no formato Android Application Pack (APK); o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) para participação, como voluntário, da pesquisa; e um vídeo demonstração do aplicativo.

O questionário de avaliação foi elaborado, usando a escala Likert de cinco pontos, facilitando a segmentação das respostas dos participantes, variando de extremos positivos a negativos e com opção de neutralidade. Contudo, em algumas questões utilizou-se uma escala dicotômica com “Sim” e “Não”, além de questões com respostas dissertativas.

O questionário ficou disponível por sete dias e as avaliações foram realizadas em períodos compreendidos entre 29 de abril e 05 de maio de 2021.

Para a elaboração das perguntas, buscou-se considerar aspectos técnicos, pedagógicos e específicos, conforme propõe Silva (2012), e o atendimento a critérios de usabilidade em *softwares* educacionais, segundo Squires e Preece (1996).

Para as questões objetivas foi realizada a tabulação dos dados e exposição em tabelas indicando frequência absoluta e percentuais para os resultados encontrados. Para as questões dissertativas foi feita uma análise buscando criar as categorias de codificação a partir das interpretações extraídas do questionário e, posteriormente, a propositura de uma discussão.

5.2 Resultados

Considerando a metodologia adotada, a análise dos dados estrutura-se com a avaliação dos especialistas. Inicialmente analisa-se numa perspectiva técnica e pedagógica. Participaram da pesquisa seis professores que atuam no ensino superior. Os participantes lecionam na área de Cálculo ou em disciplinas que abordam tópicos de derivadas parciais de maneira aplicada. Cinco participantes têm Licenciatura em Matemática e um possui graduação em Química, alguns possuem segunda graduação. Quatro possuem mestrado e dois estão matriculados em programas de pós-graduação *stricto sensu*, sendo um em nível de mestrado e um em nível de doutorado. Como a maioria dos participantes são professores de Matemática, a atuação não se restringe apenas a um curso de graduação, geralmente atendem aos cursos de Ciência da Computação, Matemática e Engenharias².

Ao considerar a avaliação por um grupo de especialistas, é importante considerar o fator tempo de experiência na docência. Vale ressaltar que a maioria dos participantes têm mais de cinco anos de experiência. O tempo de experiência informado pelos participantes pode ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de experiência em anos

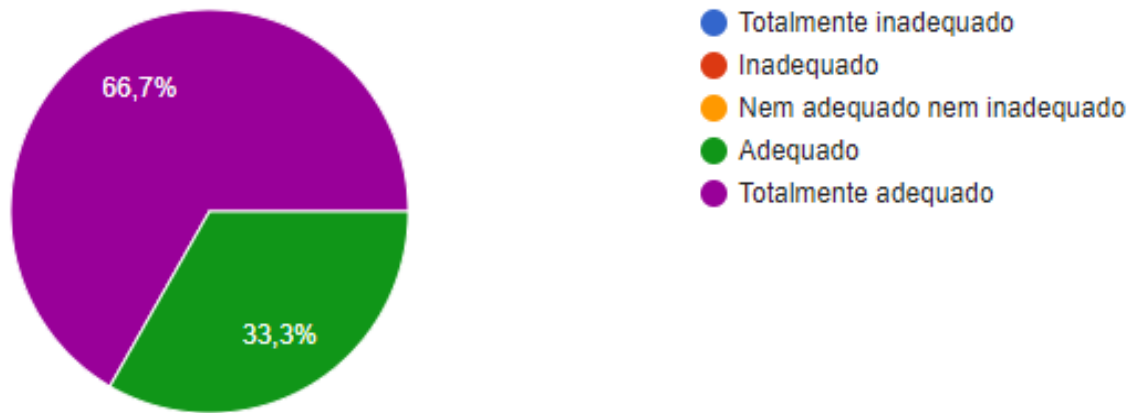
Tempo	Frequência	%
0 a 5	1	16,7
5 a 10	3	50
> 10	2	33,3
Total	6	100

Fonte: Autor (2021)

Quanto à percepção geral dos participantes em relação à pertinência do aplicativo, é mostrada no Gráfico 2. A frequência é de quatro que consideram totalmente adequado e dois que consideram o aplicativo adequado. Nesse sentido, avalia-se positivamente a percepção dos especialistas com relação ao aplicativo.

² Engenharia de Produção Agroindustrial no campus da UNEMAT e Engenharia Elétrica no campus IFBA.

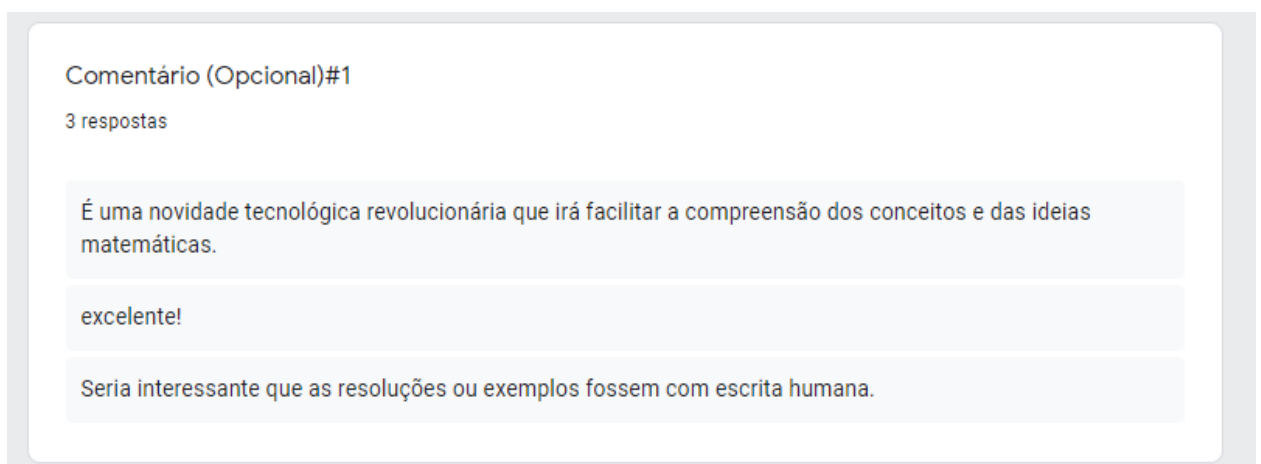
Gráfico 2 - Opinião sobre o aplicativo



Fonte: Autor (2021).

Embora os comentários referentes às questões fechadas fossem opcionais, alguns participantes optaram por comentar, e estes devem ser levados em consideração devido à importância da percepção demonstrada, pelo participante com relação ao entendimento do aplicativo ser adequado. Apesar de considerarem bem adequado, os comentários refletem uma possível abordagem para melhorar a percepção de aderência do aplicativo ao tema e, conseqüentemente, sua adoção em sala de aula. Vale destacar o comentário com uma demanda para melhoria, em que um participante descreve ser interessante a possibilidade das resoluções dos exercícios usando escrita manual, conforme pode ser visto na Figura 19.

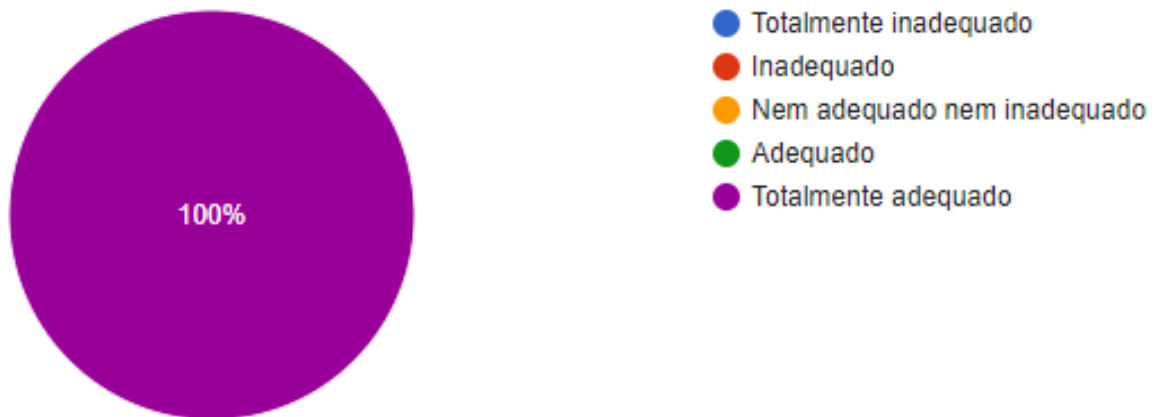
Figura 19 - Comentários dos especialistas sobre o aplicativo



Fonte: Autor (2021).

Considerando os critérios de especificidade, foi questionado se o conteúdo ofertado no aplicativo é adequado para uso com alunos de graduação, havendo entendimento unânime dos seis especialistas, considerando o conteúdo apresentado, de derivadas parciais, totalmente adequado para uso com alunos de graduação, conforme exibido no Gráfico 3.

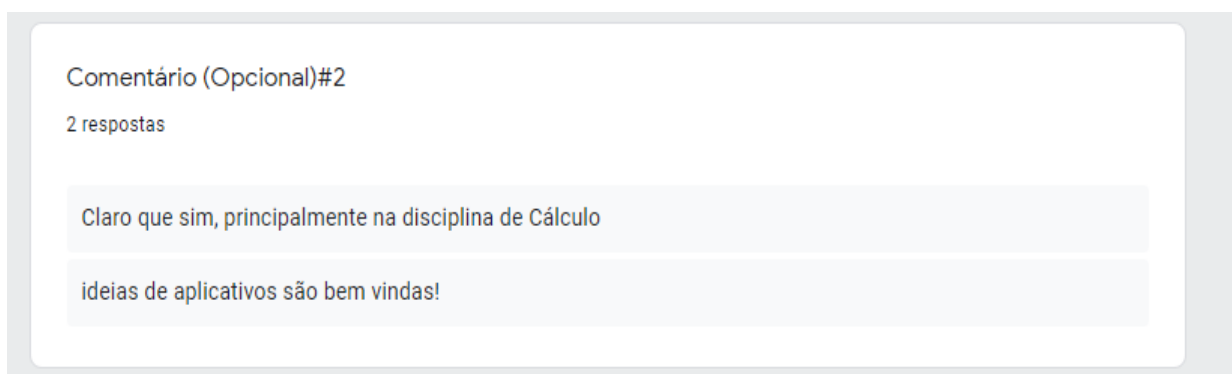
Gráfico 3 - Consideração sobre o conteúdo ser adequado para alunos de graduação



Fonte: Autor (2021).

Os comentários referentes a essa questão podem ser vistos na Figura 20. Destaca-se o comentário que descreve ser muito adequado, principalmente na disciplina de Cálculo.

Figura 20 - Comentários sobre adequação do conteúdo a alunos de graduação



Fonte: Autor (2021).

Questionados sobre a necessidade de utilizar uma abordagem de conteúdo de derivadas, valendo-se de um aplicativo com realidade aumentada, percebe-se uma leve discordância, pois há a percepção desse recurso como algo neutro, embora a maioria veja como positivo o uso de realidade aumentada, conforme pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Necessidade de usar realidade aumentada no ensino de derivadas

Resposta	Frequência	%
Totalmente inadequado	0	0
Inadequado	0	0
Nem adequado nem inadequado	1	16,7
Adequado	1	16,7
Totalmente adequado	4	66,6
Total	6	100

Fonte: Autor (2021).

Apenas um participante comentou a respeito dessa questão. O participante P1: cita: “É um recurso extra para os alunos”, a transcrição da fala não foi modificada quanto aos aspectos gramaticais e ortográficos.

Com relação à clareza e objetividade do conteúdo, houve empate, embora a tendência foi positiva, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação do aplicativo quanto à clareza e objetividade do conteúdo apresentado

Resposta	Frequência	%
Totalmente inadequado	0	0
Inadequado	0	0
Nem adequado nem inadequado	0	0
Adequado	3	50
Totalmente adequado	3	50
Total	6	100

Fonte: Autor (2021).

Com o objetivo de avaliar as especificações de usabilidade em *softwares* educacionais, conforme Squires e Preece (1996), na abordagem técnica de Silva (2012), caminha para neutralidade a avaliação do grau de satisfação ao utilizar o aplicativo, como demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Grau de satisfação ao utilizar o aplicativo

Resposta	Frequência	%
Muito baixo	0	0
Baixo	0	0
Nem baixo nem alto	1	16,7
Alto	4	66,6
Muito alto	1	16,7
Total	6	100

Fonte: Autor (2021).

Com relação à percepção dos especialistas quanto à necessidade do aplicativo como instrumento de ensino-aprendizagem, metade dos participantes consideram totalmente necessário, embora um participante não considere ser necessário tampouco desnecessário, os demais participantes percebem ser necessário, conforme é mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Quão necessário classifica o aplicativo como instrumento de ensino-aprendizagem

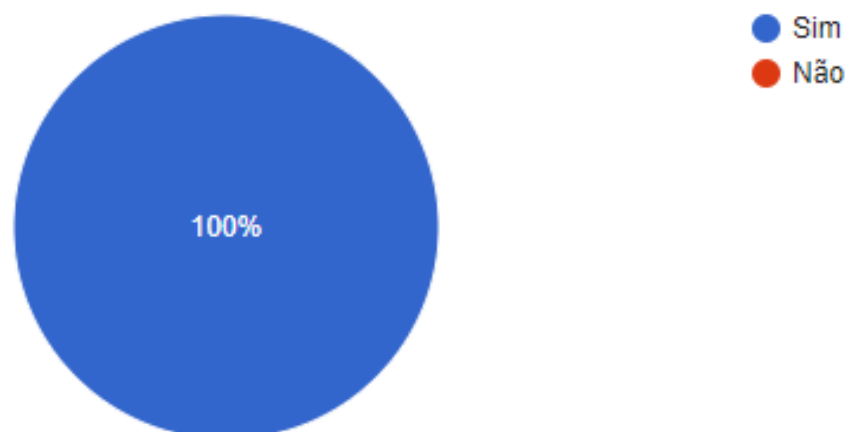
Resposta	Frequência	%
Totalmente desnecessário	0	0
Desnecessário	0	0
Nem necessário nem desnecessário	1	16,7
Necessário	2	33,3
Totalmente necessário	3	50
Total	6	100

Fonte: Autor (2021).

O participante P1 comentou a respeito: “Como é um recurso inovador, talvez por meio dele, o índice de aprendizado seja maior³”.

Questionados se utilizariam o aplicativo em seu cotidiano, houve concordância total, conforme pode ser visto no Gráfico 4.

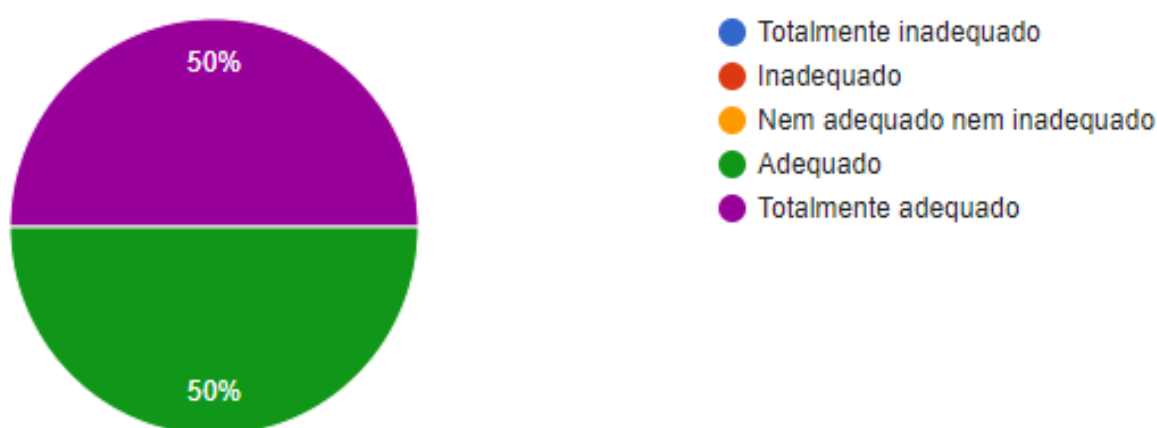
³ As transcrições, aqui apresentadas, foram apresentadas conforme os participantes escreveram. Não havendo correções lexicais, ortográficas, conforme a norma culta da língua.

Gráfico 4 - Percentual de participantes que usariam o aplicativo na prática

Fonte: Autor (2021).

O participante P1 comentou a respeito: “Gostaria de experimentar essa tecnologia com meus alunos de cálculo”.

Segundo os critérios técnicos e pedagógicos, usualmente considerados no desenvolvimento de *softwares* educacionais, é importante uma boa aderência do conteúdo específico com a tecnologia utilizada. Nesse sentido, foi solicitado que os participantes indicassem a aderência do conteúdo de derivadas com a tecnologia de realidade aumentada. No Gráfico 5, é mostrado o percentual dos participantes que identificam essa aderência. Embora não seja unânime, baseado na escala, os participantes identificam positivamente essa relação.

Gráfico 5 - Aderência do conteúdo de derivadas com a tecnologia de realidade aumentada

Fonte: Autor (2021).

No aspecto técnico, cujo foco está na interatividade e usabilidade do aplicativo, os participantes identificaram pouca complexidade ao utilizar o aplicativo. Isso pode evidenciar que, baseado nesse critério, o aplicativo desenvolvido possui características em conformidade com as sugestões para a construção de *softwares* educacionais. Na Tabela 8 é mostrada a complexidade percebida.

Tabela 8 - Complexidade do aplicativo

Resposta	Frequência	%
Totalmente complexo	0	0
Complexo	0	0
Nem complexo nem fácil	1	16,7
Fácil	3	50
Totalmente fácil	2	33,3
Total	6	100

Fonte: Autor (2021).

Um *software* pode ser considerado intuitivo quanto menor for a necessidade de novos aprendizados para operá-lo. Com relação ao aplicativo DerivadAR, os participantes foram questionados da necessidade de aprendizado prévio para manuseio do aplicativo. Nessa questão, as respostas evidenciam o entendimento de que, para utilizar o aplicativo, não há necessidade de aprendizado prévio, resposta essa representada por 50% dos participantes. Os demais consideram necessário ou indiferente, conforme pode ser visto na Tabela 9.

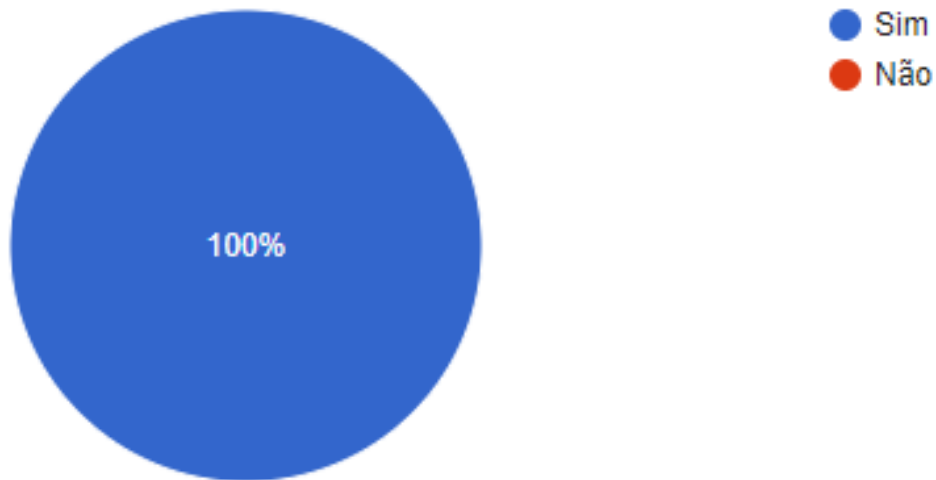
Tabela 9 - Necessidade de aprendizado antes de continuar a usar o aplicativo

Resposta	Frequência	%
Totalmente desnecessário	2	33,3
Desnecessário	2	33,3
Nem necessário nem desnecessário	1	16,7
Necessário	1	16,7
Totalmente necessário	0	0
Total	6	100

Fonte: Autor (2021).

Quanto ao conteúdo do aplicativo ser adequado para fins educacionais, todos os participantes consideram o conteúdo de derivadas parciais adequados para fins educacionais, conforme Gráfico 6.

Gráfico 6 - Conteúdo adequado para fins educacionais



Fonte: Autor (2021).

No aplicativo é possível a inserção de conteúdo de mídia, em especial, no formato de vídeo, pois oferece suporte a esse tipo de mídia. Embora a característica que mais se destaca no aplicativo seja a de movimentação do gráfico, no contexto geral, todos os recursos apresentados são extensões das informações disponibilizadas nas folhas de exercícios. Nesse sentido, os participantes avaliaram a necessidade do uso de multimídia no aplicativo, em que 2/3 destes percebem essa necessidade, conforme pode ser visto na Tabela 10.

Tabela 10 - O uso de multimídia no aplicativo

Resposta	Frequência	%
Totalmente desnecessário	0	0
Desnecessário	0	0
Nem necessário nem desnecessário	2	33,3
Necessário	2	33,3
Totalmente necessário	2	33,3
Total	6	100

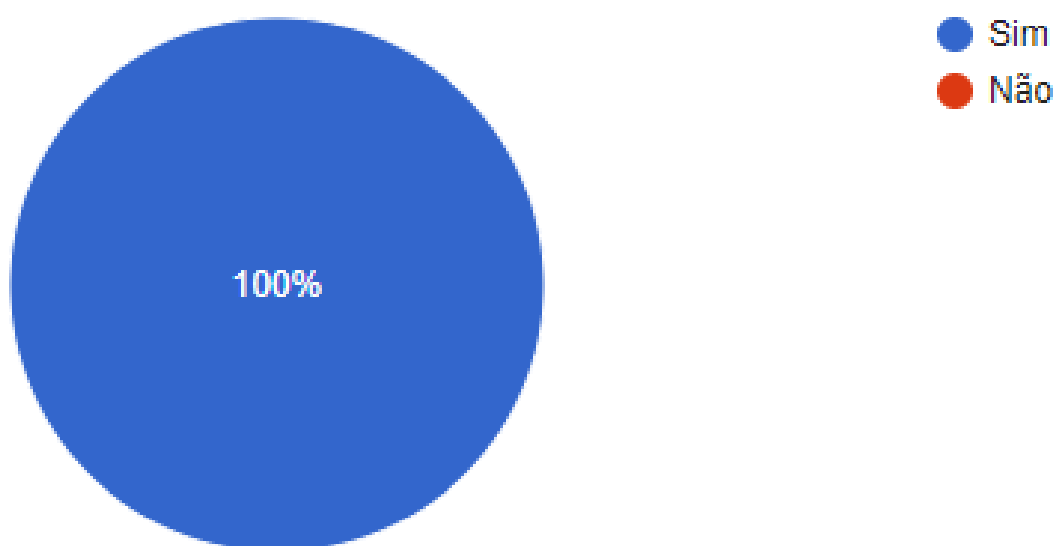
Fonte: Autor (2021).

Para o participante P2, com relação ao uso de multimídia no aplicativo, este afirma que: “novas tecnologias são bem-vindas!”.

Avalia-se na questão acima que a neutralidade aumentou com relação às respostas anteriores.

Dos aspectos indicados a se considerar na construção de um *software* educacional, a próxima pergunta aborda enfaticamente os quesitos de usabilidade, como, afetividade, consistência e significado de códigos, além de aspectos técnicos e específicos. As repostas no Gráfico 7 mostram a atenção a estes pontos no aplicativo, sendo consensual entre os participantes que o aplicativo permite que se explore de forma interativa conceitos sobre o conteúdo de derivadas.

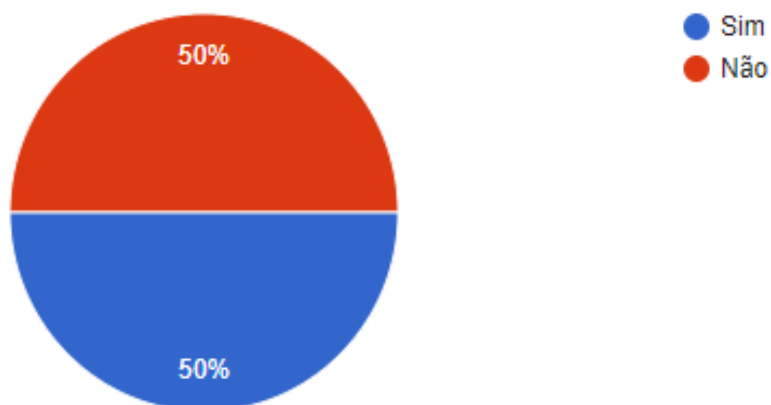
Gráfico 7 - Capacidade de exploração dos conceitos sobre o conteúdo de derivadas de forma interativa



Fonte: Autor (2021).

Visando identificar potencialidades de uso do aplicativo, além da abordagem de derivadas, foi questionado aos participantes se estes consideram o aplicativo adequado para mais outros tipos de conteúdo. A resposta exibida no Gráfico 8 dá indícios de que há potencial de exploração de novos conteúdos no aplicativo.

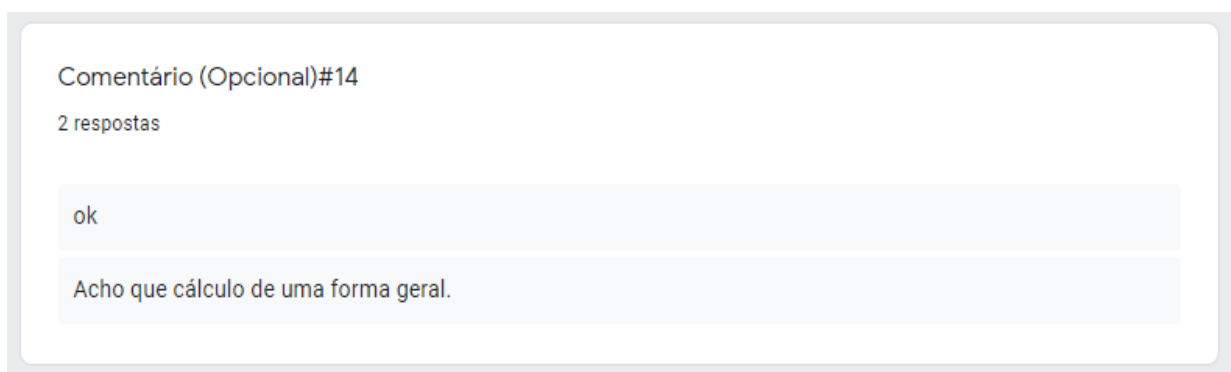
Gráfico 8 – Consideram o aplicativo adequado para mais outros conteúdos



Fonte: Autor (2021).

O participante P3 afirma em seu comentário sobre novas possibilidades além do uso de derivadas: “acho que cálculo de uma forma geral”, conforme Figura 21.

Figura 21 – Possibilidades de uso do aplicativo com outros conteúdos



Fonte: Autor (2021).

5.3 Discussões

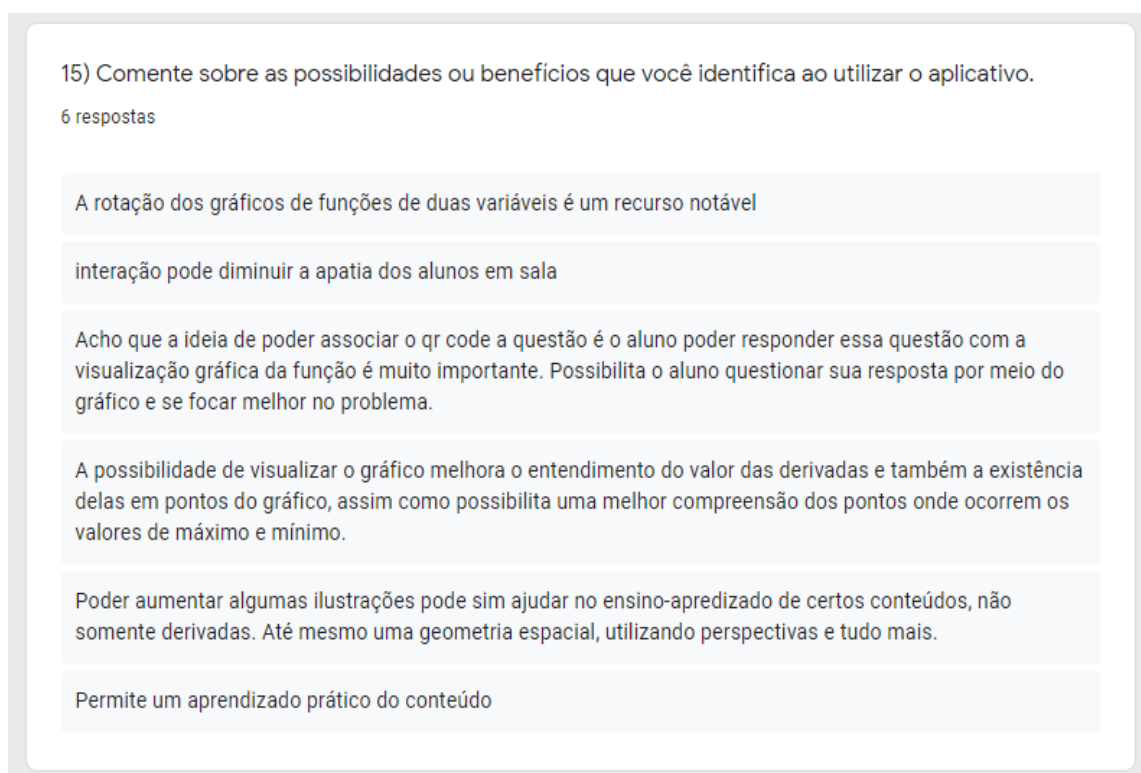
Para as questões dissertativas foi feita uma análise buscando categorizar as interpretações extraídas do questionário, para fomento da discussão.

O questionário apresentado possui três questões dissertativas, em que os participantes poderiam responder abertamente com relação aos benefícios do uso do aplicativo, sobre as

limitações identificadas e propor sugestões que considerassem pertinentes para melhoria do mesmo.

Na Figura 22 são mostradas as respostas dos participantes com relação às possibilidades ou benefícios que identificam ao utilizar o aplicativo.

Figura 22 - Benefícios ou possibilidades do uso do aplicativo



Fonte: Autor (2021).

Ao efetuar a análise das respostas com relação à Figura 22, pode-se identificar três categorias, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação dos benefícios existentes do aplicativo em categorias

Categoria	Quantidade (∈ Categoria)
Interatividade	4
Extensão	3
Aprendizagem	1

Fonte: Autor (2021).

Foram elencadas as seguintes categorias: Interatividade, Extensão e Aprendizagem. Embora houve apenas seis respostas, há respostas que foram colocadas em mais de uma categoria por atender aos critérios identificados para cada categoria.

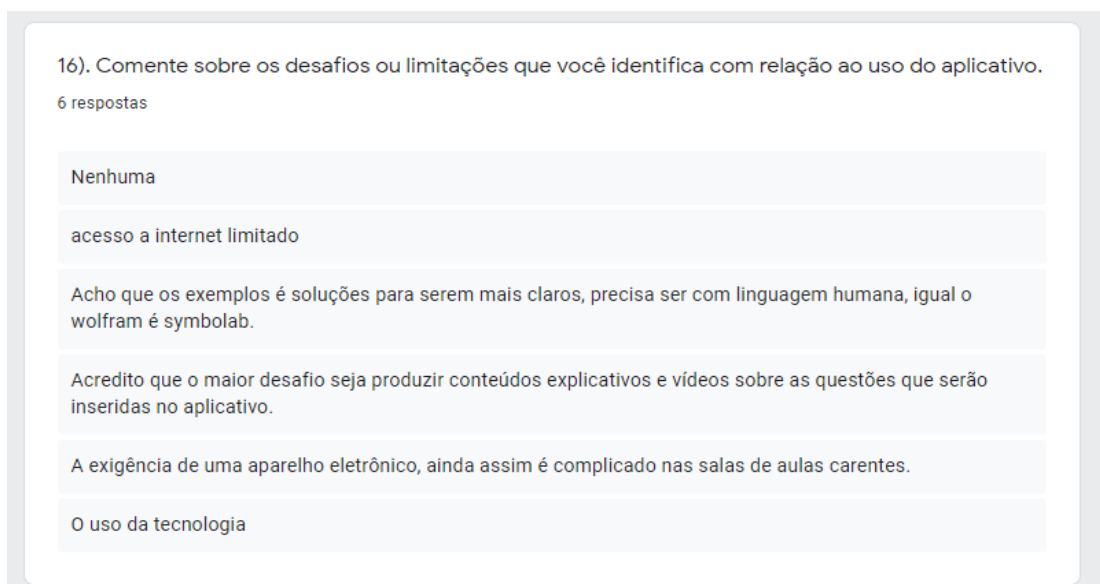
Na categoria “Interatividade”, foram avaliados elementos nas respostas que consideraram esse tópico como benefício. Houve uma resposta alegando ser um recurso notável a possibilidade de interação girando o gráfico. Outra resposta considerou que a interação tem fator benéfico na diminuição da apatia em sala de aula. Na terceira resposta da categoria o participante ressalta a importância da possibilidade de o aluno visualizar o gráfico. Na quarta resposta da categoria, o participante afirma que a possibilidade de visualização do gráfico melhora o entendimento do conteúdo de derivadas assim como na compreensão de outros aspectos.

A categoria “Extensão” aborda o efeito prático da realidade aumentada, ou seja, a possibilidade de se agregar novas informações ou elementos a partir de uma realidade. As respostas que endossam essa categoria são de três participantes: 1) afirma a importância de o aluno interagir buscando e confrontando sua resposta por meio de uma nova realidade exibida a partir do *QR code*; 2) o aumento de ilustrações pode ajudar no ensino-aprendizado de diversos conteúdos e cita como exemplo, além das derivadas, sólidos de geometria espacial; 3) possibilita melhor compreensão, uma vez que melhora o entendimento.

A categoria “Aprendizagem” possui uma resposta, de modo que foi categorizada por ter sido considerada importante para a pesquisa, uma vez que o participante possui um tempo de experiência considerável. Nesse sentido, o participante afirma que o benefício do aplicativo está em permitir um aprendizado prático do conteúdo.

Na Figura 23 são mostradas as respostas dos participantes quanto às limitações com relação ao uso aplicativo.

Figura 23 - Limitações com relação ao uso do aplicativo



Fonte: Autor (2021).

Ao efetuar a análise das respostas com relação à Figura 23, pode-se identificar quatro categorias, conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Classificação das limitações do aplicativo em categorias

Categoria	Quantidade (∈ <i>Categoria</i>)
Linguagem	1
Conexão	1
Produção	1
Outros	3

Fonte: Autor (2021).

A categoria “Linguagem” contém uma resposta quanto à limitação do aplicativo. O participante afirma que a linguagem precisa ser mais clara, com linguagem humana e apresenta um software como referência.

Como limitação, há uma resposta que a coloca na categoria de “Conexão”. Uma preocupação do participante é com a limitação de acesso à internet.

A categoria “Produção” traz uma resposta bastante interessante, considerando a rotina dos professores. A limitação apresentada pelo participante é traduzida no desafio da produção do conteúdo, de vídeos, pois demanda tempo e esforço, além do já despendido pelos professores.

Também foi criada uma categoria “Outros” para abarcar as demais respostas. Evidentemente as respostas desta categoria têm igual importância, mas justifica-se a nomenclatura da categoria, pois as respostas não foram consideradas conclusivas ou foram consideradas ambíguas: a) o participante não identificou limitação no uso do aplicativo; b) preocupou-se com o fato de a exigência de um *smartphone* ser complicado em salas de aulas carentes. Considera-se de extrema relevância social a preocupação externada pelo participante, contudo, no momento o aplicativo é direcionado a alunos de graduação; c) O participante informa a própria tecnologia como fator limitante para o uso do aplicativo.

Na Figura 24 são mostradas as respostas dos participantes dando sugestões para melhoria do aplicativo. As respostas foram categorizadas, visando extrair o elemento principal da resposta para averiguar se há concordância nos pontos apresentados.

Figura 24 - Sugestões de melhoria para o aplicativo

17). Dê sugestões para melhoria do aplicativo?

6 respostas

Abordar outros temas da Matemática

talvez aumentar fonte das letras

Implementar linguagem humana.

Acredito que a possibilidade de visualização de vetor normal, vetores tangente, retas tangente, plano tangente e vetores gradiente poderiam auxiliar muito no ensino/aprendizado de cálculo auxiliando assim nas dificuldades, em relação ao tempo e meios tecnológicos, que os professores tem de apresentar graficamente esses conceitos.
Então acredito que a inserção de botões que possibilitem visualizar esses objetos em diferentes pontos do gráfico, podem tornar o aplicativo uma ferramenta ainda mais relevante no ensino/aprendizado de cálculo.

Nada a sugerir.

Sem sugestões

Fonte: Autor (2021).

O Quadro 5 contém as categorias identificadas como elemento principal de melhoria e sua relação com o número de respostas contempladas nesta.

Quadro 5 - Classificação das sugestões em categorias

Categoria	Quantidade (∈ <i>Categoria</i>)
Conteúdo	1
Usabilidade	1
Linguagem	1
Recursos	1

Fonte: Autor (2021).

Na categoria “Conteúdo” há uma resposta outrora evidenciada. O participante sugere a abordagem de outros temas da Matemática. Embora o aplicativo esteja relacionado ao ensino de derivadas, foi utilizado também em atividades de geometria espacial a nível de testes, conforme pode ser visto na Figura 1.

A categoria “Usabilidade” contempla a resposta de um participante que sugere o aumento do tamanho das letras. Evidentemente essa opção tornaria o uso do aplicativo mais amigável, contudo, fica mais adequada a implementação de uma seção de configurações em

que o próprio usuário possa personalizar algumas características de acordo com suas preferências.

A categoria “Linguagem” está sendo reiterada, o participante sugere como melhoria a adoção de uma linguagem mais humana ou mais acessível. Nesse caso, entende-se que o participante enfatiza a necessidade de escrita manual e/ou a adoção de um padrão de codificação de caracteres que permita a escrita em linguagem matemática, como exemplo o editor de equações (*Equation*) do pacote Microsoft Office ou sintaxe de equação LaTeX.

Na categoria “Recursos”, há uma resposta com sugestão de melhoria nas opções de visualização dos gráficos, com a recomendação de implementação para visualização de vetor normal, vetores tangentes, retas e planos tangentes, vetores gradientes, justificada pela possibilidade de auxiliar nos processos de ensino-aprendizagem de conteúdos de cálculo em geral, além de economicidade de tempo para o professor ao esboçar esses conceitos graficamente.

As outras duas respostas não apresentaram sugestões.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados deste trabalho, foi possível constatar que há um espaço para o uso de aplicativos com realidade aumentada para o ensino de tópicos de derivadas em sala de aula. A barreira com relação aos recursos tecnológicos é baixa, uma vez que muitos dos alunos do ensino superior têm acesso a um dispositivo móvel compatível. As experiências vivenciadas pelos participantes, com base em suas respostas, mostram a abertura para o uso de novas tecnologias em sala de aula.

O conteúdo de derivadas foi proposto com o objetivo de verificar a possibilidade de aplicação tecnológica no ensino de disciplinas que contemplem esse conteúdo, uma vez que são disciplinas que usualmente possuem índice elevado de reprovação dentro das universidades. De acordo com a avaliação aplicada, o uso desse recurso pode ser estendido a outros temas do cálculo, e havendo mais possibilidades na interação, pode sim potencializar o entendimento do tema por parte do aluno, além promover a interação com o conteúdo.

Com o contexto da pandemia de Covid-19, as preocupações com a saúde, aumento de banda de internet em diversas regiões, crescimento da EAD (Educação a Distância) *on-line* e da modalidade *home-office*, tudo isso tem contribuído para que tecnologias como de realidade extensível e imersiva venham a ser adotadas. Nesse sentido, vale ressaltar os grandes investimentos na área por empresas big tech, como Facebook, Google, Microsoft, HP, Sony, Intel, Apple, Disney, Samsung, Fox, Time Warner, Qualcomm, entre outras.

Conforme visto nos resultados, o aplicativo DerivadAR é de baixa complexidade em seu manuseio e pode ser utilizado no contexto de sala de aula, além do conteúdo de derivadas, servindo para o agente profissional do conhecimento, conforme endossado por Prensky (2008), ao afirmar que a nova sala de aula precisa de recurso tecnológico como aliado e o professor como mediador na busca do conhecimento, pois o próprio aluno, com orientação e através da prática, ensina a si próprio.

Retomando à questão norteadora desta pesquisa, pode-se inferir que o objetivo principal foi satisfeito, sendo possível trazer uma reflexão sobre o uso de tecnologias modernas em sala de aula, além de uma avaliação dos potenciais da realidade aumentada para uso em aplicativos educacionais.

Visando a continuidade deste trabalho, recomenda-se como trabalhos futuros, com relação ao aplicativo, o desenvolvimento das melhorias apontadas pelos participantes, como possibilidade de escrita manual, configurações de tamanho da fonte e nova codificação de caracteres. É importante salientar que, para viabilizar o uso do aplicativo, deve ser criado um

portal administrativo em que os professores cadastrados possam inserir, alterar e excluir exercícios e informações de modo *on-line*.

No que diz respeito ao uso da tecnologia de realidade aumentada voltada ao ensino de tópicos de derivadas parciais, este trabalho ressaltou o potencial para sua aplicação em sala de aula, nesse sentido, recomenda-se estudos sobre novos temas e estudos mais abrangentes sobre conteúdos de Matemática. Recomenda-se levantamentos junto as universidades que utilizam recursos de RA no ensino de cálculo, visando fomentar sua adoção por outras instituições.

Um dos aspectos levantados quanto às limitações, encontra-se no fato de o professor estar sobrecarregado, para poder dar conta do seu trabalho e ainda ter que produzir material didático. Nesse sentido, recomenda-se estudos que possam constituir um *framework* para criação de conteúdo, visando facilitar o trabalho do docente ou que possa ser empregado por grupos/organizações especializadas no desenvolvimento de conteúdo educacional.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B. **Currículo e políticas públicas de TIC e Educação**. TIC Educação 2015. Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação nas escolas brasileiras, p.45-53. CGI, Comitê Gestor da Internet no Brasil, São Paulo, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SOFTWARE. **Mercado Brasileiro de Software: panorama e tendências, 2021 - Brazilian Software Market: scenario and trends, 2021** [versão para o inglês: Anselmo Gentile] - 1ª. ed. - São Paulo, 2021.
- AZUMA, Ronald. "A Survey of Augmented Reality", **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v .6, n.4, August 1997, p. 355-385.
- BARBOSA, Francisco Danilo Duarte; MARIANO, Erich de Freitas; SOUSA, Jair Moisés. (2021). **Tecnologia e Educação: perspectivas e desafios para a ação docente**. Conjecturas, volume 21, nº 2, 38–60.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARROSO, Elizandra de Souza; JESUS, Janaína Isabela de; MOURA, Daniela Alves da Silveira. **Ensino da matemática: falhas e insucessos, um estudo de caso em uma escola de Pará, de Minas Gerais-MG**. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA,12, 2016, São Paulo. Anais...São Paulo: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, p. 1-12.
- BECK, Kent. **Extreme Programming explained: embrace change**. Boston: Addison-Wesley, 2000. 224 p.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994. 334p.
- BOWMAN, Doug; et al., **3D User Interfaces: Theory and Practice**, Addison-Wesley, 2005.
- BRASIL. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo da Educação Básica 2020: resumo técnico**. Brasília, DF: INEP, 2021
- BUENO, Marcio Augusto Silva; et al. **Meta 3D++-Visualização de Informação em Realidade Aumentada**. II Workshop sobre Realidade Aumentada. Unimep, Piracicaba, SP, 2005.
- BUK, Carolina Valim. **Ambientes Virtuais para Visualização Dinâmica de Informação**. 2005. Dissertação (Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba.
- CARDOSO, Alexandre; KIRNER, Cláudio; LAMOUNIER JR, Edgard Afonso. **Visualização de Informação com Realidade Virtual e Aumentada**. In: KIRNER, C; SISCOOTTO, (Orgs). Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações. Petrópolis: 2007. cap. 12. p.256-275.

CGI.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras: TIC educação 2015**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2016. Disponível em: http://www.cgi.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_Edu_2015_LIVRO_ELETRONICO.pdf. Acesso em: 29 abril 2017.

COIMBRA, Teresa; CARDOSO, Teresa; MATEUS, Artur. **Realidade aumentada em contextos educativos: um mapeamento de estudos nacionais e internacionais**. *Educ. Form. Tecnol., Monte da Caparica*, v. 06, n. 02, p. 15-28, dez. 2013. Disponível em http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-933X2013000200003&lng=pt&nrm=iso. Acessos em nov. 2021.

EMMEL, Rúbia.; COSTA, Paola de. **O Ensino da Matemática, a aprendizagem e o fracasso escolar: uma análise dessas relações no Ensino Médio Integrado de uma instituição da rede federal de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**. *REMAT: Revista Eletrônica da Matemática*, Bento Gonçalves, RS, v. 5, n. 2, p. 96–107, 2019.

FAGUNDES, Adriano Luiz. **Avaliação de uma hipermídia educacional sobre as fases da lua**. 164p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Exatas, Florianópolis, SC, 2014.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. **Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 03, p.259-272, 2003. Disponível em: www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_259.pdf. Acesso em jan. 2020.

FORTE, Cleberson Eugênio; KIRNER Claudio. **Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Ferramenta para Aprendizagem de Física e Matemática**. [Artigo] Atas do 6º Workshop de realidade virtual e aumentada. Santos, 2009.

GARNICA, Antonio Vicente Marafioti. **Pesquisa qualitativa e Educação (Matemática): de regulações, regulamentos, tempos e depoimentos**. *Mimesis*, Bauru, v. 22, n. 1, p. 35- 48, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GROVES, Robert Martin. et al. **Survey methodology**. 2. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. (Série Prática Pedagógica). 2ª ed. Campinas: Papyrus, 2004.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Editora Papyrus. 2012.

KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. **Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. XIII Pre-Symposium on Virtual and Augmented Reality. Uberlandia MG, 2011.

KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis RJ, 2007.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical Report, School of Computer Science and Mathematics, Keele University, 2007.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LIRA, Jessica Karoline França de. **Tecnologias digitais no ensino de matemática nos cursos de ciência da computação: uma revisão sistemática de literatura**. Dissertação de Mestrado. Barra do Bugres: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências e Matemática. Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

MANACERO, Aleardo; MARRANGHELLO, Norian. **Turning math attractive to computer Science students: an application-to-model approach**. In: 29th Annual Frontiers in Education Conference (FIE '99). **Proceedings...** San Juan, Puerto Rico, 1999. DOI: 10.1109/FIE.1999.839223.

MILGRAM, Paul. et. al. (1994) “**Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**”. *Telem manipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, p. 282-292.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

PALIS, Gilda de La Rocque. **Computadores em cálculo uma alternativa que não se justifica por si mesma**. *Temas & Debates*, v. 8, n. 6, p. 22-38, 1995.

PEZZI, Fernanda Aparecida Szareski; MARIN, Angela Helena. **Fracasso Escolar na Educação Básica: revisão sistemática da literatura**. *Temas em Psicologia*, Ribeirão Preto, v. 25, n.1, p. 1-15, 2017.

PIAGET, Jean. **A linguagem e o pensamento da criança**. São Paulo: Martins Fontes, 1986.

PRENSKY, Marc. **Digital natives, digital immigrants**. *On the Horizon* (NCB University Press, Vol. 9 No. 5, Oct 2001).

PRENSKY, Marc. **The Role of Technology in a teaching ant the classroom**. *Educational Technology*. 2008.

ROCHA, Paul Symon Ribeiro; RAMOS, Carlos Vieira; BRASIL, Tainara Antunes. **A Utilização de Softwares no Ensino de Matemática para Ensino Fundamental e Médio**. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO (CTRL+E), 4., 2019, Recife. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 40-49.

ROMANO, Simone Maria Viana. **Realidade Aumentada Aplicada à Medicina**. FATEF, 2010.

SANTOS, Iracy de Sousa. **As novas tecnologias na educação e seus reflexos na escola e no mundo do trabalho**. São Luís – MA, 23 a 26 de agosto de 2005. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIII/html/Trabalhos2/Iracy_de_Sousa_Santos.pdf>. Acesso em 11 de nov. de 2016.

SCHAUN, Thaise Thurow. **As Representações Tridimensionais das Superfícies Quádricas na Disciplina de Cálculo com Realidade Aumentada**. Dissertação de Mestrado. Pelotas: Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática. UFPel, 2019.

SCHWABER, Ken; BEEDLE, Mike. **Agile software development with Scrum**. [S.l.]: Prentice Hall, 2002. 158 p.

SILVA, Ana Cristina Barbosa da. **Softwares Educativos: Critérios de Avaliação a partir dos Discursos da Interface, da Esfera Comunicativa e do Objeto de Ensino**. Tese de doutorado. Recife: Programa de Pós-graduação em Educação. Universidade Federal de Pernambuco, 2012. 345f.

SILVA, Christina Marília Teixeira da; ELLIOT, Ligia Gomes. **Avaliação da Hipermídia para Uso em Educação: uma Abordagem Alternativa**. Revista brasileira de estudos pedagógicos. v. 78, n. 188- 190, p. 262-284, 1998.

SILVA, Renildo Franco da. CORREA, Emilce Sena. **Novas tecnologias e educação: a evolução do processo de ensino e aprendizagem na sociedade contemporânea**. Educação & Linguagem. Ano 1 · no 1 · Jun. p. 23- 35 · 2014. Disponível em: <<http://www.fvj.br/revista/wp-content/uploads/2014/12/2Artigo1.pdf>>. Acesso em 05 de nov. de 2016.

SILVEIRA, Moisés Dornelas da. **Exploração De Técnicas De Realidade Aumentada Na Interatividade De Jogos Educacionais**. 72f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

SQUIRES, David; PREECE, Jenny. **Usability and learning: evaluating the potential of educational software**. Computers & Education: Great Britain, vol. 27, n 1, 1996. pp. 15-22

VALENTE, José Armando; ALMEIDA, Fernando José. **Visão analítica da informática no Brasil: a questão da formação do professor**. Revista Brasileira de Informática na Educação. Florianópolis, n. 1, 1997.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A Formação Social da Mente** São Paulo: Martins Fontes.1984.

VILLAREAL, Monica Ester. **O pensamento matemático de estudantes universitários de Cálculo e Tecnologias Informáticas**. Rio Claro, 1999. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

VINNER, Shlomo. **The Role of Definitions in the Teaching and Learning of Mathematics** In: TALL, D (Org.). Advanced Mathematical Thinking. Dordrecht: Kluwer, 1991. Cap.5.

WANDERLEY, Ayslânia Jerônimo, et al. **Aprendizagem Interativa: Uma Análise do Uso da Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos Educacionais**. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Patos – PB, Brasil, 2011.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Questionário de avaliação de um aplicativo com tecnologia de Realidade Aumentada para uso no Ensino de Derivadas

Importante a leitura antes de responder.

Esse questionário é parte integrante de uma pesquisa sobre o uso de Tecnologias Digitais no Ensino. O objetivo principal é avaliar o uso do recurso de realidade aumentada aplicada ao ensino por meio de um aplicativo, sendo este de importância secundária (nesta pesquisa) juntamente com o conteúdo didático, pois busca-se compreender a usabilidade deste recurso como instrumento de pedagógico ou objeto educacional.

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

<p>Termo de Consentimento Livre Esclarecido</p>	<p>Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável.</p> <p>Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de dúvida, você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Unemat pelo telefone: (65) 3221-0067 ou pelo e-mail: cep@unemat.br</p> <p>INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA Título do projeto: "Realidade Aumentada Aplicada no Ensino de Tópicos de Derivadas Parciais" Responsável pela pesquisa: Mestrando Willyan Alves da Silva Endereço e telefone para contato: Rua A, s/n, Bairro Cohab São Raimundo, Barra do Bugres-MT. (65) 99985-7934 E-mail: willyan@unemat.br Equipe de pesquisa: Fernando Selleri Silva</p> <p>Solicito que seja baixado, assinado e enviado para o e-mail willyan@unemat.br. Conto com vossa compreensão.</p> <p>Importante: TCLE para download: https://drive.google.com/file/d/1XJ0PFDIspuu6v5Z79ht9oHzsEXxzzKBU/view?usp=sharing</p> <p>Arquivo APK: https://drive.google.com/file/d/1WF7VHk-J3XGpBCD5F4N5i9iPSKD2Zc4qv/view?usp=sharing</p> <p>Lista de exercícios de exemplo: https://drive.google.com/file/d/1ufTDnvGI-ydezfmko03_RBTi027aiboe/view?usp=sharing</p>
<p>Identificação</p>	<p>Dados sobre o participante</p>

2. Nome completo *

3. Profissão *

4. Tempo de experiência na área *

5. Documento de identificação RG, CPF, CNH, Passaporte ou Documento Funcional

Apresentação
do
Aplicativo

Em virtude da pandemia do Covid-10, uma alternativa encontrada para a apresentação do aplicativo foi por meio de um vídeo gravado. Inicialmente seria realizado uma reunião com um grupo de participantes para apresentar a tecnologia, contudo, a fim de evitar aglomerações e manter as práticas de segurança em saúde neste período, optou-se por este formato de apresentação.

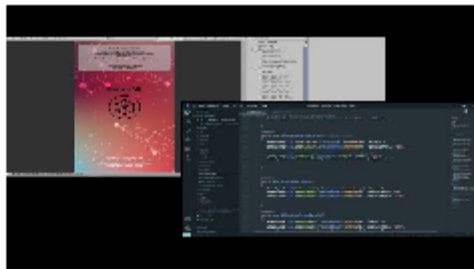
O aplicativo é parte integrante de uma pesquisa sobre tecnologias no ensino, porém, ainda não está disponível nas lojas de aplicativos Apple Store e Play Store. Sendo assim, caso queiram instalar em seu aparelho, entre em contato para que seja disponibilizado o arquivo .apk para Android ou .ipa para iOS, da última versão do app.

Contato do autor: willyan@unemat.br

Lembrando que a instalação de aplicativos por meios externos requer permissão do usuário, pois não é validada pelas lojas acima citadas.

A seguir: Assista o vídeo para conhecer o aplicativo.

Assista o vídeo para conhecer o aplicativo.



http://youtube.com/watch?v=RJLrLSR_n74

Questionário de avaliação de um aplicativo com tecnologia de Realidade Aumentada para uso no Ensino de Derivadas

O questionário contém 17 questões, sendo 14 objetivas e 03 dissertativas.
Tempo estimado: 8 minutos

6. 1) De forma geral, qual sua opinião sobre o aplicativo? *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente inadequado
 Inadequado
 Nem adequado nem inadequado
 Adequado
 Totalmente adequado

7. Comentário (Opcional)#1

8. 2). Indique se o conteúdo oferecido no aplicativo é adequado uso com alunos de graduação. *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente inadequado
 Inadequado
 Nem adequado nem inadequado
 Adequado
 Totalmente adequado

9. Comentário (Opcional)#2

10. 3). Qual sua opinião sobre necessidade de abordar o ensino de derivadas valendo-se de um aplicativo com Realidade Aumentada? *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente inadequado
 Inadequado
 Nem adequado nem inadequado
 Adequado
 Totalmente adequado

11. Comentário (Opcional)#3

12. 4). Com relação à clareza e objetividade do conteúdo apresentado, como você classifica o aplicativo? *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente inadequado
 Inadequado
 Nem adequado nem inadequado
 Adequado
 Totalmente adequado

13. Comentário (Opcional)#4

14. 5). Qual se grau satisfação ao utilizar o aplicativo? *

Marcar apenas uma oval.

- Muito baixo
 Baixo
 Nem baixo nem alto
 Alto
 Muito alto

15. Comentário (Opcional)#5

16. 6). Quão necessário você classifica o aplicativo, como instrumento de ensino-aprendizagem? *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente inadequado
 Inadequado
 Nem adequado nem inadequado
 Adequado
 Totalmente adequado

17. Comentário (Opcional)#6

18. 7). Na prática você usaria o aplicativo? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

19. Comentário (Opcional)#7

20. 8). Indique a aderência do conteúdo de derivadas com o uso da tecnologia apresentada. *

Marcar apenas uma oval.

Totalmente inadequado

Inadequado

Nem adequado nem inadequado

Adequado

Totalmente adequado

21. Comentário (Opcional)#8

22. 9) Indique o quanto achou o aplicativo complexo? *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente complexo
- Complexo
- Nem complexo nem fácil
- Fácil
- Totalmente fácil

23. Comentário (Opcional)#9

24. 10). Você necessitou aprender uma série de coisas antes que pudesse continuar a utilizar o aplicativo? *

Marcar apenas uma oval.

- Totalmente desnecessário
- Desnecessário
- Nem desnecessário nem necessário
- Necessário
- Totalmente necessário

25. Comentário (Opcional)#10

26. 11) O conteúdo do aplicativo é adequado para a finalidade educacional? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

27. Comentário (Opcional)#11

28. 12) O uso de multimídia no aplicativo é: *

Marcar apenas uma oval.

Totalmente desnecessário

Desnecessário

Nem desnecessário nem necessário

Necessário

Totalmente necessário

29. Comentário (Opcional)#12

30. 13) O aplicativo permite que se explorem/experimentem de forma interativa os conceitos sobre o conteúdo? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

31. Comentário (Opcional)#13

32. 14) O aplicativo seria mais adequado para outro tipo de conteúdo? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

33. Comentário (Opcional)#14

34. 15) Comente sobre as possibilidades ou benefícios que você identifica ao utilizar o aplicativo. *

35. 16). Comente sobre os desafios ou limitações que você identifica com relação ao uso do aplicativo. *

36. 17). Dê sugestões para melhoria dono aplicativo? *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

APÊNDICE C – EXERCÍCIO 02



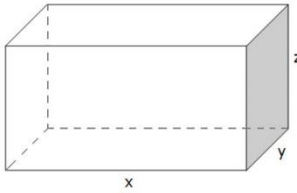

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECM



Nome do aluno: _____

Docente: _____

Disciplina: _____

Enunciado	Saiba mais
<p>2) Determine as dimensões de uma caixa retangular sem tampa com volume $V=108 \text{ cm}^3$ se queremos usar a mínima quantidade de material para a sua confecção.</p> <p>Sejam x, y e z as dimensões da caixa retangular sem tampa conforme a figura.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Fig.: Caixa retangular sem tampa de comprimento x, largura y e altura z.</p> <p>Da Geometria Espacial, seu volume é $V=xyz$, de modo que $xyz=108$. Como as dimensões são positivas, então</p> <p>(1) $z=108/xy$</p> <p>Por outro lado, o material para confeccionar a caixa será usado nas paredes e no fundo da caixa. Se S é a área desse material, então</p> <p>(2) $A=xy+2xz+2yz=xy+2(x+y)z$</p> <p>Substituindo (2) em (1), temos a função A, de duas variáveis dada por:</p> $A(x,y)=xy+216(x+y)/xy=xy+216/x+216/y \text{ para } x>0 \text{ e } y>0$	
Elaborado por Paulo S. C. Lino	
