

Ferramenta com Realidade Aumentada para o Ensino de Ciências Exatas contextualizado ao Ciclo de Queimadas na Amazônia

Sara das Mercês Silva¹, Andryel Piedade², Karen Silva²,
Fabiola Pantoja O. Araújo², Josivaldo de Araujo²

¹Instituto de Computação (IC)
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
Caixa Postal – CEP – 13083-852 – Campinas – SP – Brasil

²Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN)
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Caixa Postal – CEP – 13083-852 – Belém – PA – Brasil

s219590@dac.unicamp.br, sullianyy, piedadeandryel@gmail.com}

josivaldo, fpoliveira@ufpa.br}

Abstract. *Augmented Reality is a computing resource that makes it possible to merge virtual information into real world objects and, it can contribute to the visualization of Exact Sciences contents. This article presents an Augmented Reality online tool, entitled CiênciAR, for interdisciplinary teaching chemistry, physics and mathematics in the context of the burning cycle in the Amazon. The software was evaluated by experts, through the PETESE educational test. The test results as specialists showed that CiênciAR can be applied in the teaching and learning process of these subjects and contribute to improve the visualization of abstract contents.*

Resumo. *A Realidade Aumentada é um recurso da Computação que possibilita a mescla de informações virtuais em objetos do mundo real, podendo contribuir na visualização de conteúdos mais abstratos das Ciências Exatas. Este artigo apresenta uma ferramenta online de Realidade Aumentada, intitulada CiênciAR, para o ensino interdisciplinar de química, física e matemática, contextualizado ao ciclo de queimadas na Amazônia. O software passou por avaliação com especialistas, por meio do teste educacional PETESE. Os resultados dos testes como especialistas mostraram que o CiênciAR pode ser aplicado no processo de ensino e aprendizagem das referidas disciplinas e contribuir para melhorar a visualização de conteúdos abstratos.*

1. Introdução

Os dados do Exame nacional do ensino médio (Enem), disponibilizados pelo Ministério da Educação (MEC)¹, mostram que os piores desempenhos dos participantes são em Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Sendo assim, esses dados expõem a necessidade de se aplicar recursos que ajudem no aprendizado dos estudantes brasileiros nessas áreas.

¹<http://portal.mec.gov.br/images/>

Existe a necessidade visível de ações que ajudem no processo de ensino-aprendizagem em disciplinas de Ciências Exatas, nas quais os estudantes encontram maior dificuldade por se tratar de conteúdos comumente abstratos (Joaquim e Oiveira, 2020).

Neste sentido, as Ciências Exatas geralmente são percebidas pelos alunos, ou até mesmo pelos próprios professores, como algo abstrato e distante da realidade, apesar de fazerem parte da vida humana moderna. Entre as ferramentas que podem ser aplicadas no ensino-aprendizagem, a Realidade Aumentada (RA) aparece como um meio de simplificar a interação entre o mundo real e o virtual, pois potencializa objetos do mundo real, melhorando a interação (Franca e da Silva, 2017). Em Palhano et al. (2019) se fala que a RA é uma tecnologia que permite a compreensão de conceitos e contextos que parecem abstratos. Nesta pesquisa é apresentado um software de RA, chamado CiênciAR, que passou por testes com especialistas (professores). As atividades do CiênciAR seguem uma sequência didática aplicada a partir do contexto da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e apresentam o ciclo de queimadas na Amazônia, sendo assim contextualizadas à realidade dos alunos e professores das escolas públicas da região amazônica. O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os trabalhos correlatos a este; a Seção 3 apresenta a metodologia do desenvolvimento da aplicação; na Seção 4 são apresentados os resultados e, por último, a conclusão é mostrada na Seção 5.

2. Referencial Teórico

No referencial teórico serão abordadas informações referentes à Realidade Aumentada, sequência didática, a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente e como estão presentes na referida pesquisa. Além disso, são apresentados trabalhos correlatos à este.

2.1. Realidade Aumentada

A RA é considerada uma variação da Realidade Virtual (RV), porém na RV o indivíduo é totalmente imerso no mundo virtual e a RA melhora a realidade ao inserir objetos do mundo virtual no mundo real. O termo Realidade Aumentada, no inglês *Augmented Reality*, surgiu na década de 90. A Realidade Aumentada proporciona ao usuário uma interação segura e agradável, eliminando em grande parte a necessidade de treinamento, pelo fato de trazer para o ambiente real os elementos virtuais, enriquecendo e ampliando a visão que ele tem do mundo real. Para que isso se torne possível, é necessário combinar técnicas de visão computacional, computação gráfica e realidade virtual, o que gera como resultado a correta sobreposição de objetos virtuais no ambiente real (Azuma, 1997). Nesse sentido, aliar o uso da RA ao ensino de Ciências pode ser bastante benéfico para o aprendizado dos alunos, uma vez que permite a visualização virtual de objetos que em algumas situações não seria possível, estreitando o conceito teórico com a prática. Um exemplo são os sólidos geométricos que podem ser melhor visualizados em imagens em 3 dimensões. Por isso nesta pesquisa aplicou-se a RA no intuito de ajudar na visualização dos conteúdos de química, física e matemática.

2.2. Sequência Didática

A sequência didática é um conjunto de atividades ligadas entre si e planejadas para ensinar um conteúdo etapa por etapa (Peretti e Costa, 2013). Envolve atividades de aprendizagem e avaliação, organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar. Além

disso, os autores destacam que o nome sequência didática é usado para se referir a um conjunto de atividades, interligadas, divididas em passos e etapas com intuito de potencializar a interdisciplinaridade e o processo de ensino-aprendizagem, portanto pode ser aplicado no ensino de diversos conteúdos da educação básica, inclusive no ensino médio. Assim, pode-se observar que a sequência didática pode ser aplicada como uma forma de ajudar no ensino-aprendizagem de estudantes em disciplinas, como física, química e matemática. Na presente pesquisa, aplicou-se a sequência didática para desenvolver atividades contextualizadas ao cotidiano dos usuários do CiênciAR, trabalhando a interdisciplinaridade. Optou-se por desenvolver uma ferramenta com base em uma sequência didática, exatamente porque possibilita estudar conceitos de várias disciplinas ao mesmo tempo, de forma interdisciplinar, seguindo um passo a passo de atividades definidas em que há um início, meio e fim conhecidos por todos os envolvidos (professores e estudantes) e utilizando como palco um tema principal, o ciclo de queimadas na Amazônia. Optou-se por discutir o ciclo das queimadas (desmatamento, queimadas e consequências) nessa região, pois em 2021 o desmatamento na Amazônia registrou níveis extramamente altos, se comparado a anos anteriores. No referido ano, a floresta perdeu 10.362 km de área verde, sendo 29% a mais que em 2020 e batendo o recorde dos últimos 10 anos (Imazon, 2022)². Além disso, as queimadas na região amazônica e no cerrado são as principais contribuições brasileiras (19%) para as fontes globais de inúmeros gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, influenciando diretamente nas mudanças climáticas nos níveis local, regional e global (Fiocruz, 2019). Imerso nesse contexto, percebe-se a importância de discutir com os alunos sobre o ciclo de queimadas na Amazônia.

2.3. Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)

A CTSA voltada para o ensino é uma abordagem que surgiu na década de 80 (Cavalcanti e Costa, 2014) e geralmente usa-se dois termos para se referir a essa abordagem, CTS ou CTSA. Adota-se aqui o termo CTSA por abordar o contexto ambiental, além disso, dois dos principais objetivos da CTSA é a contextualização e trabalhar essas quatro áreas a fim de despertar no aluno uma percepção da realidade socioambiental em que está inserido, construindo um olhar crítico da relação entre esses quatro aspectos que são inerentes à vida do cidadão atual, principalmente se tratando de indivíduos inseridos geograficamente na Amazônia (Arruda, 2019). Essa abordagem pode ajudar em um ensino de ciências contextualizado à realidade dos alunos. No desenvolvimento deste estudo, escolheu-se utilizar essa abordagem, porque a CTSA engloba todos os contextos que pretende-se apresentar aqui: instigar os estudantes a observar aspectos sociais e ambientais envolvidos no ciclo de queimadas na Amazônia, mostrar como as Ciências Exatas estão inseridas neste ciclo, utilizando a Computação como ferramenta para ajudar a identificar e discutir todas essas questões.

2.4. Trabalhos Correlatos

Há na literatura diversas pesquisas e trabalhos que aplicam RA para fins educacionais e como ferramenta que auxilie no processo de ensino-aprendizagem. Na pesquisa de Zambrano et al. (2021), os autores propuseram identificar um conjunto de requisitos para a implementação de aplicativos móveis de RA que contribuam no aprendizado sobre

²<https://imazon.org.br/>

patrimônio histórico regional. Para isso, os pesquisadores realizaram uma revisão de literatura, pesquisas com professores de ciências sociais, além disso, desenvolveram um aplicativo de RA e o submeteram à uma avaliação heurística, como resultado propuseram um conjunto de requisitos para pesquisas futuras. O estudo de Pereira et al. (2021) apresenta um aplicativo para o sistema operacional *Android* para o ensino de química, no Ensino Médio. Os autores afirmam que objetivo da ferramenta criada é melhorar a experiência de ensino aprendizagem, além de torná-la mais divertida e atrativa para os estudantes, a RA ajuda na visualização dos átomos e da interação entre eles durante uma ligação química. Os autores apresentam a ferramenta, mas relatam que não houveram testes, devido o aplicativo ter sido desenvolvido durante a pandemia.

No estudo de Cruz et al. (2020), os autores apresentam o desenvolvimento de uma aplicação móvel de RA, intitulada HARA, para auxiliar nas aulas de estudantes do ensino médio do Instituto Federal do Amazonas (IFAM). A metodologia desenvolvida pelos autores na pesquisa seguiu estudos experimentais e qualitativos. Para validar a aplicação, dois estudos experimentais foram desenvolvidos: um com o professor de informática e o segundo com 15 estudantes. Segundo os autores, os resultados apresentados mostraram que o aplicativo pode ser utilizado como ferramenta pedagógica. No pesquisa de Jurgina et al. (2021), os autores apresentam a avaliação de uma ferramenta de RA para ajudar no ensino de disciplinas do ensino superior, que envolvam conteúdos de topografia e cartografia tridimensional. O público alvo da pesquisa são discentes dos cursos de Computação e Engenharia Hídrica da Universidade Federal de Pelotas. Os pesquisadores afirmam que, segundo os resultados, é viável a aplicação da ferramenta e que a RA é atraente ao público alvo e pode servir para auxiliar no processo de ensino aprendizagem. A principal diferença dos estudos apresentados para a presente pesquisa é o fato desta pesquisa ser alicerçada em uma sequência didática em conjunto com a abordagem CTSA. Além disso, o presente estudo abrange três disciplinas de forma interdisciplinar.

3. Metodologia

A metodologia adotada na pesquisa é experimental de caráter qualitativo, além disso, passou por aprovação do comitê de ética³. A operacionalização do experimento seguiu os passos propostos por Dias et al. (2013) e aplicado nas pesquisas de Gomes et al. (2019) e Batista et al. (2018). Sendo assim, com base nesses autores, sete especialistas avaliaram o projeto. No passo 1, para identificar como a Realidade Aumentada vem sendo aplicada no contexto educacional, este estudo realizou um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), para investigar o uso da RA no ensino de Ciências Exatas no contexto do ensino médio. Essa abordagem visa mapear as metodologias utilizadas, se a interdisciplinaridade está presente, quais disciplinas de Ciências Exatas o uso de RA é mais comum, quais ferramentas estão sendo desenvolvidas, vantagens e desvantagens da RA e em quais regiões brasileiras as pesquisas estão acontecendo. Para isso, foi realizada uma busca em diversas bases de dados de estudos publicados nos últimos cinco anos até o período que este MSL aconteceu. Os resultados do MSL, que foram publicados (das Mercês Silva et al., 2020), contribuíram para o desenvolvimento dos próximos passos desta pesquisa.

O passo 2 foi o desenvolvimento da ferramenta *web*, CiênciAR. Em seguida, no

³CAAE 44676721.3.0000.0018

passo 3, aconteceu o preenchimento de questionário pré-teste no qual todos os participantes responderam para identificar, sob perspectiva escolar, aspectos da relação dos professores com a Computação, assim como informaram a anuência em participar do projeto através de um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Nessa mesma etapa, os professores participaram de uma reunião *online* para equalização de conhecimento dos participantes. No passo 4 aconteceu o teste com o *software*. O passo 4 foi o preenchimento do questionário pós-teste. Ao concluírem os testes da ferramenta, os participantes preencheram um questionário para avaliar o CiênciAR. Este último questionário foi baseado na Ferramenta Pedagógica para Avaliação Ergonômica de *Software* Educativo (*Pedagogical Ergonomic Tool for Educational software Evaluation - PETESE*), proposta por Coomans e Lacerda (2015), os desenvolvedores afirmam que a PETESE pode ser aplicada também para avaliar aplicações educativas de outras áreas e disciplinas. Este estudo aborda as disciplinas sob a perspectiva de um tema geral por meio de uma sequência didática. Entre os inúmeros assuntos que poderiam ser a temática geral da sequência didática, optou-se por discutir o ciclo das queimadas na Amazônia (desmatamento, queimadas e consequências), devido a importância de se discutir sobre o assunto, diante do aumento recorde, nos últimos anos, do desmatamento na Amazônia. Por isso, em cada módulo do CiênciAR, uma etapa do ciclo de queimadas é discutida juntamente com os conteúdos específicos de uma disciplina. Os professores definiram os conteúdos das disciplinas contemplados no projeto e que poderiam ser abordados sob a perspectiva da RA. Para isso, cada professor realizou um levantamento dos conteúdos da sua disciplina em que os estudantes encontram maior dificuldade, principalmente por serem assuntos abstratos e de difícil visualização, assim a RA poderia ajudar na visualização desses conteúdos.

Para subsidiar todo o conteúdo abordado no projeto, optou-se por romper com as abordagens tradicionais de ensino, por isso aplicou-se a abordagem CTSA aliada a uma sequência didática para o desenvolvimento das atividades propostas, visto que a pesquisa propõe despertar no estudante um olhar crítico sobre os temas abordados neste trabalho que envolvem tecnologia, meio ambiente e Ciências Exatas. A CTSA está presente no modo como foram apresentados os conteúdos das disciplinas contextualizadas à sociedade e realidade dos estudantes. A sequência didática está presente na ferramenta e no modo como os usuários irão desenvolver as atividades sob a orientação dos professores, seguindo os seguintes passos: 1) objetivos - o que se espera que os alunos aprendam com a atividade que irão desenvolver no CiênciAR; 2) conteúdos curriculares trabalhados na atividade; 3) tempo estimado para finalizar as atividades; 4) desenvolvimento - as várias etapas da atividade, as intervenções a serem realizadas, o desenvolvimento das situações mais adequadas à realidade da turma; 5) avaliação - verificação do processo de aprendizagem, que neste caso se daria por meio do quiz ao final de cada módulo.

O público alvo desta pesquisa foram professores e estudantes da turma do segundo ano do ensino médio da Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará (UFPA). Para identificar e mapear o perfil dos estudantes foram realizadas reuniões com os professores das disciplinas de física, química e matemática, assim como coordenações pedagógica e de projetos da escola. Estas reuniões ajudaram nos seguintes passos: definir os conteúdos discutidos no CiênciAR e como contextualizá-los ao ciclo de queimadas da Amazônia, seguindo o passo a passo da sequência didática. Além disso, a construção das imagens em três dimensões foi gradativa pois eram construídas e apresentadas aos

professores, que propunham melhorias ou mudanças. As imagens eram remodeladas e apresentadas aos professores até serem aprovadas por estes. Os professores ajudaram na escrita e formulação do texto e das questões do quiz de sua respectiva disciplina, ademais contribuíram com a modelagem do CiênciAR ao falarem das dificuldades que os alunos encontraram ao lidar com os *softwares* utilizados durante o período de ensino remoto, apesar de já vivenciarem o contato com a Computação. Os professores traçaram um perfil dos estudantes do ensino médio ao informarem que são, em sua maioria, adolescentes, moradores das regiões periféricas de Belém, de baixa renda e com pouco acesso aos artefatos computacionais. Para ajudar na interação entre professores, estudantes e pesquisadores, desenvolveu-se um site⁴, através da ferramenta gratuita *Google Sites*, para divulgar informações, tais como: questionários de avaliação, dados sobre os pesquisadores, além de tutoriais para a construção de óculos de RA, exemplos práticos, cartilhas sobre PC e Computação em Educação, além de artigos publicados sobre o projeto. É através do site que os usuários podem acessar a ferramenta CiênciAR.

3.1. CiênciAR

O *software*⁵ é uma aplicação *Web* pois dessa forma pode ser utilizada em qualquer dispositivo móvel ou computador, independente do sistema operacional.

O CiênciAR é dividido em três módulos e cada um deles aborda o conteúdo programático de uma disciplina, contextualizado ao tema “Sustentabilidade e Meio Ambiente na Amazônia”. Ao final de cada módulo, o aluno pode responder a um quiz sobre o assunto discutido. As questões do quiz e as imagens em 3D foram definidas em conjunto com os professores das disciplinas. Essa estrutura é baseada na sequência didática pois se discute conteúdos de diferentes disciplinas, seguindo um passo a passo e com uma avaliação ao final. A abordagem CTSA está presente ao se abordar conteúdos de ciência, subsidiados por uma tecnologia (ferramenta de RA, CiênciAR), contextualizados ao meio ambiente e realidade dos usuários, incentivando o pensamento e uma formação cidadã integral. No módulo de física, o usuário irá encontrar um texto sobre sensoriamento remoto,

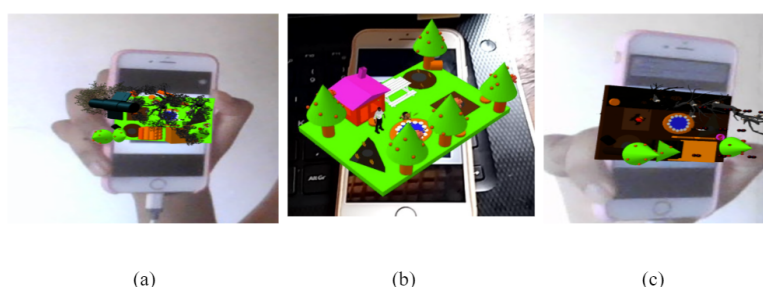


Figura 1. Módulos de (a) Física (b) Matemática e (c) Química do CiênciAR. Fonte: Autor, 2021.

capturas de imagem de desmatamento, uma imagem em Realidade Aumentada de uma floresta desmatada (Figura 1a), a imagem em 3D e um quiz sobre o texto para responder ao final. Segundo os professores, a principal dificuldade enfrentada pelos estudantes é conseguir associar os conceitos de física com exemplos reais, por isso na imagem em

⁴<https://sites.google.com/view/projeto-realidade-aumentada>

⁵<https://sites.google.com/view/projeto-realidade-aumentada/cienciar>

RA é mostrado um satélite capturando imagens de uma floresta desmatada, exemplificando como conteúdos de física podem estar no cotidiano. No módulo de matemática, o usuário irá encontrar um texto sobre sólidos geométricos e as queimadas, uma imagem em Realidade Aumentada de uma floresta queimada (Figura 1b) e um quiz sobre o texto para responder ao final. Segundo os professores, a principal dificuldade enfrentada pelos estudantes é conseguir visualizar os sólidos geométricos, por isso na imagem em RA, os sólidos aparecem integrados à paisagem representando troncos queimados, árvores e copas de árvores, frutas, cabana, entre outras figuras presentes na imagem. No módulo de química, o usuário irá encontrar um texto que aborda as consequências do ciclo de queimadas na Amazônia sob a perspectiva da química, uma imagem em Realidade Aumentada de uma floresta queimada e as alterações químicas que a queimada causa no ambiente (Figura 1c), como liberação de gases, e um quiz sobre o texto para responder ao final. Segundo os professores, a principal dificuldade enfrentada pelos estudantes é conseguir entender como acontece a produção e liberação dos gases na natureza e suas consequências, por isso a imagem em 3D mostra a liberação dos gases em uma floresta queimada.

3.2. Desenvolvimento do CiênciAR

Os passos seguidos no desenvolvimento do *software* foram baseados na Engenharia de *Software* (ES) que segundo Ardis et al. (2015) é a aplicação de conceitos teóricos e práticos no desenvolvimento de sistemas. Os requisitos (Quadro 1) foram levantados por meio de reuniões com os professores das três disciplinas da Escola de Aplicação e divididos em funcionais e não funcionais, sendo que todos foram implementados. Para a

Requisitos Funcionais	Requisitos Não-Funcionais
Aplicação <i>Web</i> e <i>online</i>	Multiplataforma
Imagens em RA	Seguir uma Seqência didática
Quiz	Ser gratuita
Armazenar respostas do quiz	Fácil usabilidade
Armazenar nome e senha dos alunos	Desenvolvido usando programas gratuitos

Quadro 1. Requisitos do CiênciAR

modelagem do *software* foi utilizado o diagrama de casos de uso, atividades e implantação da linguagem de Modelagem Unificada (UML), além do modelo Relacional para definir a estrutura do Banco de Dados (BD). O diagrama de casos de uso é responsável por simular as principais funções do *software*. A Figura 3 é a imagem da modelagem de casos de uso do CiênciAR, onde o usuário escolhe um dos três módulos do CiênciAR, realiza as atividades e por último responde ao quiz de cada módulo. As principais atividades do CiênciAR são: o usuário realizar as atividades em RA de cada módulo, responder ao quiz de cada disciplina, o sistema avaliar o número de acertos, retornar essa informação ao usuário e armazená-la no BD.

Para o desenvolvimento da aplicação, utilizou-se linguagens de programação e tecnologias reconhecidas pelo *browser*, tais como: HTML, CSS e *JavaScript*, que foram utilizadas no desenvolvimento da interface (*frontend*), além de PHP para realizar a conexão com o BD da aplicação, que armazena as informações e respostas do quiz, e o *MySQL* foi o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) utilizado. Para

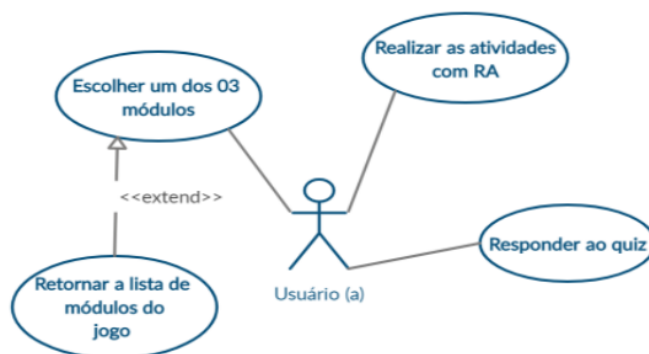


Figure 1. Diagrama de Casos de Uso dos Módulos do CiênciAR. Fonte: Autor, 2021

a modelagem das imagens em 3D, que foram utilizadas em Realidade Aumentada no CiênciAR, escolheu-se o Blender⁶, pois é um pacote de criação 3D gratuito, de código aberto.

4. Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados dos testes onde os sete professores (das disciplinas de química, matemática e física) utilizaram o CiênciAR. É importante ressaltar que não foram realizados testes com os estudantes devido ao fato desta pesquisa ter sido desenvolvida em uma escola pública da região periférica e, durante a pandemia da COVID-19, a grande maioria dos alunos da escola não tinham acesso à internet, desta forma não foi possível realizar os testes *onlines* com os estudantes, apenas com os professores.

4.1. Análise do questionário pré-teste

O questionário pré-teste⁷ tinha como objetivo obter informações acerca do conhecimento e a relação dos professores com a Computação, RA, interdisciplinaridade e meio ambiente. Quatro dos professores afirmaram não encontrar dificuldade em utilizar as tecnologias no contexto escolar, enquanto três afirmaram encontrar sim. Os especialistas que responderam encontrar dificuldades em aplicar a tecnologia no contexto escolar, destacaram como maiores empecilhos a falta de conhecimento de algumas tecnologias e a escola não poder disponibilizar recursos para o uso da tecnologia. Entretanto, quando questionados se usam a Computação e suas ferramentas durante as aulas, seis professores afirmaram que sim, destacando como ferramentas mais aplicadas em sala de aula: computadores e ferramentas de apresentação de slides. No que diz respeito a participar de projetos escolares que envolvam Computação, quatro dos especialistas nunca participaram, três já participaram, porém todos os professores afirmaram que, se tivessem oportunidade, participariam de projetos envolvendo Computação e que ela pode contribuir no ensino-aprendizagem. Nenhum especialista utilizou a RA em sala de aula e seis afirmaram não conhecer a tecnologia. A grande maioria, seis professores, já participou de projetos interdisciplinares e discute questões ambientais em suas aulas. As maiores dificuldades

⁶<https://www.blender.org/>

⁷<https://forms.gle/UTwA4GbYaVojcSqM7>

enfrentadas por estudantes em matemática, química e física, segundo os professores, são: contextualizar os conteúdos das disciplinas com a realidade e cotidiano dos alunos, a abstração, além de não saberem correlacionar com outras disciplinas.

4.2. Análise do questionário pós-teste

No questionário pós-teste⁸, o objetivo era obter a avaliação dos especialistas em relação ao CiênciAR. Para responder às perguntas foi utilizada a escala *Likert* e os participantes poderiam marcar uma das seguintes opções: discordo fortemente, discordo, nem discordo nem concordo, concordo ou concordo fortemente. Na avaliação, as perguntas seguiram a Ferramenta Pedagógica para Avaliação Ergonômica de *software* Educativo (o PETESE), as questões foram divididas de acordo com os aspectos que a PETESE avalia: aspectos gerais da ferramenta, pedagógicos, de usabilidade, de conteúdo e de interface. Quando questionados sobre a viabilidade do uso do CiênciAR nas escolas em que atuam, todos os especialistas concordaram com a viabilidade do projeto. A respeito da contribuição do projeto para auxiliar na fixação dos conteúdos de Ciências Exatas, todos os especialistas afirmaram que o projeto pode contribuir sim, sendo que quatro concordaram fortemente e o restante concordaram. A respeito da RA, seis dos especialistas concordaram fortemente que ajuda a trazer mais realismo na visualização das imagens e quatro concordaram fortemente que é mais atrativo visualizar as imagens em 3D do que com os métodos tradicionais (livros, textos, fotos e desenhos 2D).

Quando questionados se usariam a RA nas aulas, todos os professores afirmaram que sim e seis concordaram fortemente em usar o CiênciAR no ensino regular. Todos os especialistas concordaram ou concordaram fortemente que a metodologia é adequada ao público alvo, quatro concordaram, enquanto três concordaram fortemente que o projeto pode contribuir para a conscientização dos participantes sobre os riscos e consequências do ciclo de queimadas na Amazônia. Todos os especialistas concordaram que o CiênciAR é inovador e agrega valor ao processo de ensino-aprendizagem. Seis concordaram que o *software* é fácil de usar, mas um discordou devido a espera para aparecer as imagens em RA. A respeito do nível de complexidade da ferramenta, seis concordaram que a aplicação contém vários níveis de complexidade e um discordou. Todos concordaram que a abordagem de aprendizagem é correspondente ao público-alvo e seis especialistas concordaram que o CiênciAR pode ser utilizado no ensino remoto e regular. Os resultados mostram que os aspectos gerais da ferramenta, segundo os especialistas, são de ótima qualidade. Quanto ao conteúdo das disciplinas presentes na aplicação, todos os professores concordaram que a linguagem e os termos (matemáticos, físicos e químicos) são adequados, corretos e adaptados ao público-alvo. Além disso, os elementos multimídia são apropriados, de qualidade e usados para facilitar a compreensão.

A respeito dos objetivos educacionais do CiênciAR, seis dos sete professores concordaram que existem objetivos educacionais claramente definidos, mas um discordou devido se tratar de três disciplinas e, segundo o especialista, o assunto de física não estava bem desenvolvido. Para seis dos especialistas, a ferramenta incentiva autoanálise, autorreflexão e autoconhecimento. Todos concordaram que as atividades propostas no CiênciAR trabalham os aspectos necessários para alcançar os objetivos (matemáticos, físicos ou químicos) propostos, as tarefas são relevantes, realizadoras, autênticas e representam as complexidades naturais do mundo real, tão próximas quanto possível do público

⁸<https://forms.gle/qkjBjMD4xADniPxx5>

alvo. Os professores servem como tutores, guias, treinadores ou facilitadores e existe uma avaliação, autêntica e interligada ao ensino. Os professores ressaltaram que o CiênciAR é inovador, contribui com um aprendizado significativo e interdisciplinar, além de ser atrativo para os estudantes. Entretanto, a aplicação precisa melhorar em alguns aspectos citados pelos professores, tais como: funcionar *offline* para alcançar escolas que não tem acesso à internet, tornar o uso ainda mais fácil, pois alguns professores encontraram dificuldades para visualizar as imagens em RA no celular, mais especificamente em aparelhos do tipo *Iphone*.

5. Conclusão

O objetivo desta pesquisa foi e é contribuir para um ensino participativo atraente para os educandos, contextualizado à realidade de jovens que vivem na região amazônica. Espera-se que esses estudantes desenvolvam um olhar crítico perante a sua realidade como um todo, principalmente no que tange o tema gerador. Para isso desenvolveu-se uma ferramenta de RA e *Web*, intitulada CiênciAR, que passou por um processo de avaliação com especialistas para analisar se, de fato, pode ser utilizada nas aulas das disciplinas de química, física e matemática, contribuindo no processo de ensino-aprendizagem, facilitando a visualização de imagens e compreensão de conteúdos abstratos, que comumente os estudantes encontram maior dificuldade no aprendizado.

Os resultados mostraram que os professores não tinham conhecimento sobre RA e nunca a utilizaram em sala de aula, porém se tivessem oportunidade, a utilizariam. Além disso, a avaliação do CiênciAR, mostrou que este é adequado ao público-alvo, podendo assim ser utilizado nas aulas, seu conteúdo é interessante e pode contribuir para despertar o interesse dos alunos sobre as consequências do ciclo de queimadas na Amazônia. Os especialistas afirmaram que o uso de uma ferramenta de RA através de uma sequência didática associada a abordagem CTSA é inovador e agrega valor ao processo de ensino-aprendizagem, é fácil de usar e é interdisciplinar.

References

- Ardis, M., B. D. H. G. W. O. J. S. M. e. V. W. (2015). Se 2014: Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in software engineering. *computer*. 11(48):106–109.
- Arruda, D. T. D. (2019). Proposta de experimento de produção de biodiesel com abordagem em ciências, tecnologia, sociedade e ambiente – ctsa em ensino de química.tcc (graduação em química licenciatura) - universidade federal do ceará, fortaleza. pages 01–35.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6:355–385.
- Batista, M., Ramos, R., and Brito, L. (2018). Utilizando o aplicativo criptomática para ensinar conteúdos matemáticos do ensino médio com uso da criptografia. *RENOTE*, 16:362–371.
- Coomans, S. and Lacerda, G. (2015). Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation. *Procedia Manufacturing*, 3:5881–5888.
- Cruz, F., de Castro, A., Tavares, L., Trindade, G., de Oliveira, E., and de Souza, D. (2020). Hara: Aplicativo com realidade aumentada para apoiar o ensino de hardwares

- de computadores. In *Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação*, pages 662–667, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Daniele Blanco Cavalcanti, Marco Antônio Ferreira da Costa, C. (2014). Educação ambiental e movimento cts, caminhos para acontextualização do ensino de biologia. *Revista PRÁXIS*, (12).
- Dias, J. and Brandão, I. (2013). Avaliação de jogos educacionais digitais baseada em perspectivas uma experiência através do jogo-simulador kimera.
- Fiocruz, F. O. C. (2019). Queimadas na amazônia e seus impactos na saúde: A incidência de doenças respiratórias no sul da amazônia aumentou significativamente nos últimos meses 3º informe técnico do observatório de clima e saúde.
- França, C. R. and da Silva, T. (2017). *A utilização da Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências no Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), s.n edition.
- Gomes, A., Ramos, R., Brito, L., Batista, M., and Leal, B. (2019). Geometriar: aplicativo educacional com realidade aumentada para auxiliar o ensino de sólidos geométricos. *RENOTE*, pages 405–414.
- Joaquim, S. and Oliveira, W. (2020). Ensinando operações matemáticas com o uso de jogos digitais no ensino fundamental. In *Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola*, pages 71–80, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Jurgina, L., Bezerra, J., Torchelsen, R., and Júnior, L. R. (2021). Relato sobre a utilização de ferramenta com realidade aumentada no auxílio do ensino-aprendizagem de topografia em cursos superiores. In *Anais do XXVII Workshop de Informática na Escola*, pages 128–136, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Palhano, M., de Oliveira, F., and Grossi, L. (2019). A realidade aumentada no ensino de sólidos geométricos. *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)*, pages 1012–1021.
- Pereira, Z., Rodrigues, L., Costa, R., Amaral, E., and Mattos, M. (2020). Artom - aplicativo para ensino de química em realidade aumentada. In *Anais dos Workshops do X Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 139–146, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Peretti, L. and Tonin da Costa, G. M. (2013). Sequência didática na matemática. *Revista de Educação do Ideau*, 8(17).
- Zambrano, L., Silva-Calpa, G., and Romo, J. (2021). Identificando requerimientos para el diseño de un aplicativo móvil de realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio histórico regional. In *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 12–23, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.