http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2022.v14.e388
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 22/06/2021 Revisado: 04/08/2022 Aceito: 17/08/2022

ARTEACHINGVR: O ENSINO DAS ARTES AUXILIADO PELA REALIDADE VIRTUAL NAS ESCOLAS DE ENSINO FUNDAMENTAL ESTADUAL BRASILEIRO

ARTEACHINGVR: THE TEACHING OF THE ARTS IN BRAZILIAN STATE ELEMENTARY SCHOOLS AIDED BY VIRTUAL REALITY

Guilherme Gomes Leal do Nascimento[1]; Margarida Maria Gomes Leal do Nascimento[2]; Robson Augusto Siscoutto[3];

[1],[3] Unoeste/Faculdade de Informática de Presidente Prudente (FIPP/Unoeste)
[1]gui.gomesleal@gmail.com, [3]robson@unoeste.br
[2] Escola Estadual Oracy Matricardi
[2]margaridagomes2007@gmail.com

RESUMO – A disciplina de Artes tem como objetivo desenvolver no aluno uma interação crítica com a complexidade do mundo e favorecer o respeito à diversidade de culturas e povos. A metodologia atual em sala de aula utiliza métodos tradicionais e não tecnológicos para o ensino e aprendizagem deste tipo de disciplina, gerando desmotivação ao aluno. A inserção da tecnologia em sala de aula, como a Realidade Virtual, pode auxiliar na abstração de problemas e conceitos intrínsecos à disciplina, o motivando em seu processo de ensino/aprendizagem. Contudo, há poucas aplicações sendo utilizadas nas escolas públicas, por falta de recursos ou interesse. Diante disso, este trabalho apresenta uma ferramenta de realidade virtual que disponibiliza ambientes virtuais tridimensionais interativos com o intuito de auxiliar o ensino/aprendizagem dos estudantes do ensino fundamental brasileiro da disciplina de Arte. Os ambientes virtuais foram avaliados, pelos pesquisadores do projeto, por meio de um questionário de usabilidade específico para este tipo de ambiente, obtendo média final de 4,67 de 5,0, sendo considerado apto para uso, no futuro, em salas de aulas.
Palavras-chave: Realidade Virtual, Ensino das Artes, Educação, Ensino Fundamental.

ABSTRACT – The art discipline aims to develop in the student a critical interaction with the complexity of the world and favor respect for the diversity of cultures and peoples. The current methodology in the classroom uses traditional and non-technological methods for teaching and learning this type of discipline, generating demotivation to the student. The insertion of technology in the classroom, such as Virtual Reality, can help in the abstraction of problems and concepts intrinsic to the discipline, motivating it in its teaching/learning process. However, there are few applications being used in public schools due to lack of resources or interest. Therefore, this paper presents a virtual reality tool that provides interactive three-dimensional virtual environments in order to assist the teaching/learning of students at the Brazilian elementary school of Art discipline. The virtual environments were evaluated by the project researchers by means of a specific usability questionnaire for this type of environment,

obtaining a final average of 4.67 of 5.0, being considered suitable for use in the future in classrooms.
Keywords: Virtual Reality, Arts Teaching, Education, Elementary School

1. INTRODUÇÃO

Como consta no artigo 26 na Declaração Universal dos Direitos Humanos, a educação é o desenvolvimento da personalidade humana e do fortalecimento do respeito pelos direitos humanos e liberdades fundamentais, onde capacitará a sociedade, a compreensão e respeito, à diversidade de povos e nações, em prol da manutenção da paz (DUDH, 1948). Dentro da educação, uma das faces entregues ao aluno é o ensino fundamental, onde tem-se a disciplina de Artes, que segundo o CBSP (2019), tem o objetivo de desenvolver no aluno uma interação crítica com a complexidade do mundo e favorecer o respeito à diversidade de culturas e povos. Atualmente, a disciplina é dividida em quatro linguagens (Música, Teatro, Artes Visuais e Dança) com habilidades e competências específicas, onde cada atividade proposta, pode abordar uma ou mais habilidades.

Apesar do ensino possuir uma metodologia definida, a qualidade da educação brasileira está longe de aplicá-las com a precisão devida. Segundo o relatório da Pisa (2018), Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, o Brasil possui uma pontuação menor que a média do OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) em leitura, matemática e ciências. Onde apenas 2% dos estudantes, performaram o nível mais alto de proficiência, ao menos em uma disciplina, enquanto a média OECD é de 16%. Portanto, o Brasil ainda está muito longe do ideal na educação e umas das soluções que pode diminuir este abismo nas avaliações é a inserção da tecnologia no meio educacional.

O uso da tecnologia foi ampliado, ainda mais com o acontecimento da pandemia de alunos podem ter a percepção de um ambiente desmotivador e desinteressante.

Diante do que foi exposto, este trabalho apresenta uma ferramenta denominada ArTeachingVR, que disponibiliza ambientes virtuais (AV) tridimensionais interativos em realidade virtual, customizados para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem de crianças do ensino fundamental brasileiro e baseados nos conteúdos, habilidades e competências do currículo paulista para a disciplina de Arte. Os ambientes foram desenvolvidos para serem executados individualmente ou de forma colaborativa entre professor/aluno, aluno/aluno e entre equipes, fazendo uso de uma interface responsiva tanto no celular quanto no computador.

Dentre as principais contribuições deste projeto pode-se citar:

COVID-19, que obrigou a muitos meios a inserção da tecnologia na rotina e o ensino foi um deles. A tecnologia tem o potencial de transformar totalmente a educação, adicionando recursos que a metodologia tradicional não consegue agregar. Com ela, o professor e o aluno têm a possibilidade de um nível de interação e imersão com o conteúdo, além de facilitar muitas tarefas que antes seriam complexas. Uma das tecnologias que possibilitam essa imersão e interatividade é a Realidade Virtual (RV).

Com a RV é possível a abstração de certos problemas e conceitos, além da criação de ambientes virtuais com essas abstrações, de acordo com a necessidade (PEDROSA; ZAPPALA-GUIMARÃES, 2019). Na literatura encontram-se diversos trabalhos que aplicam à RV no ensino, como por exemplo, o de Martins (2018), que demonstra uma aplicação que permite a visita a Roma e Atenas antiga; o de Ignacio (2019) com um jogo de química para ensino fundamental; Guimarães, Martins e Oliveira e (2013), com um laboratório de matemática de baixo custo. Uma revisão sistemática com trabalhos relacionados é apresenta na Seção 2.

Apesar da tecnologia auxiliar no processo de ensino e a existência de muitos trabalhos com uso da realidade virtual, contudo, não há de fato muitas aplicações em utilização nas escolas, principalmente, na área de Arte, por falta de recursos ou interesse. Atualmente os alunos têm acesso à tecnologia, sendo assim com uma possível implantação, há facilidade da adaptação a uma nova forma de ensino. Como o ambiente educacional não possui a tecnologia intrínseca em seu contexto, os

- Ferramenta de RV voltada para o auxílio do ensino de arte para ensino fundamental brasileiro.
- Ambientes virtuais tridimensionais interativos focados nas habilidades e competências do ensino das artes.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta trabalhos relacionados; Na Seção 3 é apresentada a ferramenta ArTeachingVR, incluindo sua arquitetura geral e funcionalidades essenciais; A Seção 4 demonstra o teste de usabilidade realizado, bem como os resultados obtidos; e finalmente, as considerações finais deste trabalho são apresentadas na Seção 5.

2.TRABALHOS RELACIONADOS

A metodologia utilizada seguiu a revisão sistemática indicada por Kitchenham *et al.*. (2009), fazendo uso dos temas: realidade virtual na educação e o ensino de arte nas escolas. As lógicas de busca (LB) utilizadas foram: LB1 "*school education*" AND "*virtual reality*" e LB2 "*art*" *and* "*school education*". Ambas foram aplicadas em revistas científicas como IEEE, ACM, Capes, dentre outras, e priorizaram trabalhos desenvolvidos entre 2014 a 2021.

Desta busca, 87 trabalhos foram encontrados e triados, sendo eliminados os que não tinham conformidade com o tema, que não eram aplicações e, por fim, trabalhos que não tinham os seguintes itens definidos no processo de triagem:

- Tipo de aplicação (jogo ou aplicativo): dentro do contexto educacional, visando identificar quesitos que possam ser mais motivacionais e engajadores para o aluno. Para ser classificado como jogo deveria conter características bem significantes, como pontuação, fases, níveis de dificuldades, entre outros. Para ser classificado como aplicativo, deve ser parecido com uma simulação ou uma atividade rotineira, sem algo lúdico ou gamificado;
- Dispositivos Auxiliares para interação e interface com o usuário mais utilizados nos trabalhos;
- Dispositivos de Realidade Virtual mais utilizados, visando identificar as tendências, opções viáveis e que possam ser aplicados nesta pesquisa;
- Tecnologias para o desenvolvimento do jogo ou do aplicativo, destacando as mais utilizadas e quais obtiveram melhores resultados que possam ser aplicados no contexto da realidade virtual;
- Resultados obtidos nos trabalhos selecionados, uma vez que estes são importantes na pesquisa e dita se o jogo ou aplicativo foi eficiente frente ao problema encontrado. Os resultados encontrados foram classificados como satisfatório, caso tenha atingido o objetivo proposto, ou com ressalvas, caso algum problema tenha sido detectado;

Dos 87 trabalhos triados, 6 trabalhos foram escolhidos e analisados para o estudo primário. Depois, com base nos itens definidos no processo de triagem, foram comparados com a proposta deste trabalho e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação entre os trabalhos relacionados e a proposta deste trabalho.

Trabalhos	Tipo da Aplicação	Dispositivos Auxiliares	Dispositivo de RV	Tecnologia	Resultados
Akman e Çakir (2019)	Jogo ensino de matemática	Smartphone + Headphone	Headset VR	C# + Unity 3D	Satisfatório
Bolier *et al.* (2018)	Aplicativo ferramenta de desenho 3D	HTC Vive controller	HTC Vive Headset	A-Painter	Com ressalvas (diferença estatística não foi significativa)
Edwards *et al.* (2019)	Jogo química molecular	Smartphone + Leap Motion + Haptic Gloves + Arduino	Headset VR	Unity 3D	Com ressalvas (problemas nos feedbacks do ambiente virtual e na comunicação por fio)
Jagodzińsk i e Wolski (2015)	Jogo laboratório de química com fases	Computador + Kinect	Não possui	C# + .NET	Satisfatório
Jose, Akshay e Bhavani (2014)	Jogo ensino de física com pontuação e fases	Computador + Novint falcon haptic	Não possui	Chai 3d Library	Satisfatório
Kamińska *et al.* (2017)	Aplicativo ferramenta de manipulação de objetos da mecatrônica	HTC Vive controller	HTC Vive Headset	C + JS + Unity 3d + 3ds Max	Com ressalvas (ambiente virtual não realista)
Este Trabalho	Jogo Ensino de Artes	SmartPhone + Computador	Headset VR	A-Frame + JS	Headset VR

Fonte: Os autores.Os autores.

Após a análise dos requisitos identificados nos trabalhos relacionados, verificou-se que o uso de jogos com Headset VR ou computadores ainda é uma prática bastante utilizada. Outro ponto importante, foi a diversidade de tecnologias utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos, indicando que linguagens como Javascript, C# e o ambiente Unity 3D estão em alta. Além disso, os resultados obtidos nos trabalhos são motivacionais e indicam a importância do desenvolvimento de soluções que possam contribuir dentro do contexto educacional voltadas para o ensino/aprendizagem.

A partir dessas considerações, para este projeto de pesquisa foi escolhido o tipo jogo, reportado com bons resultados na maioria dos trabalhos, bem como, usar smartphone, computador e Headset VR, pois são acessíveis e de baixo custo, com a possibilidade de serem utilizados em salas de aulas. Por fim, foi selecionada a linguagem JavaScript e a biblioteca

A-Frame, ambas voltadas para Web, facilitando a portabilidade entre dispositivos, por serem simples e escaláveis.

3. ArTeachingVR

O desenvolvimento foi pautado nas habilidades e competências necessárias para o ensino fundamental brasileiro, na disciplina de Artes, disponíveis no CBSP (2019), bem como, no caderno do professor, na experiência acadêmica da coorientadora da disciplina de artes e do orientador do projeto.

A Seção 3.1 apresenta os requisitos essenciais selecionados, a 3.2 detalha a arquitetura da ferramenta e a 3.3 descreve a implementação dos ambientes virtuais.

3.1 Requisitos Essenciais Selecionados

Com base no CBSP (2019) foram selecionados alguns conteúdos essenciais da disciplina de Artes para serem gamificados e desenvolvidos em ambientes virtuais tridimensionais interativos em realidade virtual, são:

a) Ensino da classificação dos instrumentos musicais:

Foi utilizada a Habilidade EF07AR21 que visa explorar e analisar instrumentos acústicos (percussão, sopro, cordas e fricção) em práticas de composição/criação, execução e apreciação musical, reconhecendo timbres e características de instrumentos musicais diversos CBSP (2019).

A classificação dos instrumentos musicais é um conteúdo distante do convívio dos estudantes, já que poucos têm contato com instrumentos reais. Diante disso, este item visa exibir e permitir que o aluno reconheça vários instrumentos musicais para que possa descobrir e ampliar o seu repertório artístico.

b) Ensino do timbre dos instrumentos:

Foram utilizadas as Habilidades EF07AR21 (descrita no item a) e EF09AR21 que visa explorar e analisar instrumentos tradicionais, elétricos e eletrônicos e recursos da tecnologia digital, em práticas de composição/criação, execução e apreciação musical, reconhecendo timbres e características de instrumentos musicais diversos.

A intenção neste requisito é aumentar o repertório de timbres, treinando a parte auditiva, para reconhecer sons e instrumentos e trazendo uma proximidade maior com o conteúdo.

c) Ensino dos elementos constitutivos do teatro:

A Habilidade EF09AR26 explora os diferentes elementos envolvidos na composição dos acontecimentos cênicos do drama, do teatro contemporâneo e do cinema (figurinos, adereços, maquiagem/ visagismo, cenário, iluminação e sonoplastia, incluindo o recurso incluindo o recurso da tecnologia digital) e reconhecer seus vocabulários CBSP (2019).

Portanto, este requisito aborda os elementos básicos para o teatro, visando entregar ao aluno conhecimentos sobre os principais elementos que compõem um teatro.

d) Ensino dos elementos da dança:

A Habilidade EF06AR14 foi utilizada e visa analisar e experimentar diferentes elementos das danças folclóricas paulistas e brasileiras (coreografia, figurino e trilha sonora) e espaços (convencionais e não convencionais) para composição cênica e apresentação coreográfica, individual e coletiva CBSP (2019). Este requisito apresenta ao aluno os elementos existentes nos diversos tipos de danças, inserindo-os no contexto completo da dança.

e) Ensino da criação de um mosaico:

Neste item foram utilizadas as Habilidades EF07AR05 que visa experimentar e analisar mosaico como modalidades das artes visuais e a EF07AR06, que desenvolve os processos de criação em artes visuais, com base em temas ou interesses artísticos, de modo individual, coletivo e colaborativo, fazendo uso de materiais, instrumentos e recursos convencionais, alternativos e digitais CBSP (2019).

Esta atividade é realizada com recorte de revistas, papéis e outros materiais. Devido ser minucioso o trabalho, torna-se impraticável no período da aula.

3.2 Arquitetura ArTeachingVR

A Figura 1 apresenta uma visão geral da arquitetura da ferramenta ArTeachingVR e seus módulos principais, são:

- Módulo Visualização: Responsável pela interação do usuário com a aplicação, constituído por interfaces 2D e 3D. A interface 2D é utilizada para acesso às funcionalidades de cadastro e alterações (caixas de textos, botões, menus etc.), enquanto, no submódulo Ambiente Virtual 3D são visualizados, no computador ou smartphone, os ambientes virtuais com suas respectivas interações;
- Módulo de Controle: O módulo de Controle é responsável por gerir as funções do sistema e fazer a ligação entre a visualização e o

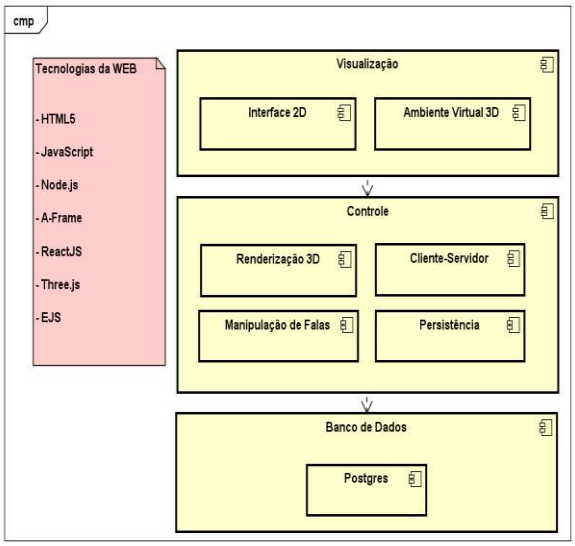
banco de dados, sendo constituídos dos seguintes submódulos:

- Cliente-Servidor: Este utiliza *socket.io* para a realização de comunicação bidirecional em tempo real entre cliente e servidor. Essa tecnologia foi utilizada para a interação entre dois alunos dentro do mesmo ambiente 3D. Há também rotas que quando acessadas, retornam uma informação desejada, seja uma página inteira ou dados da persistência;
- Renderização 3D: Trata do processo de renderização dos ambientes virtuais 3D interativos para o usuário. Responsável pela união dos objetos virtuais, com texturas e outros arquivos, geram os ambientes virtuais;
- Manipulação de Falas: Responsável por carregar as falas do módulo de banco de dados e transformar em arquivos de áudio para reprodução nos Ambiente Virtuais;
- Persistência de dados no banco de dados: É mantida uma comunicação por meio de requisições que realizam as gravações ou recuperações de informações, de ou para o banco de dados, oriundas do módulo de visualização;

● Módulo de Banco de Dados (database): por meio da persistência, armazena os dados gerados pelos cadastros básicos do sistema web.

●

Figura 1. Arquitetura da ferramenta.



Fonte: Os autores.

● Tecnologias Web:

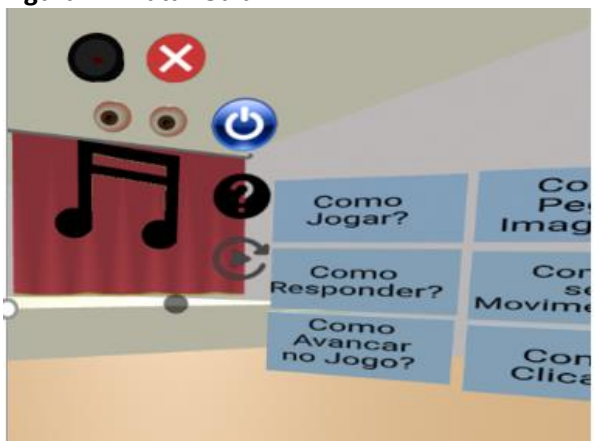
- Utilização de HTML5 e Javascript, para a criação de toda a visualização 2D e 3D, pois o contexto da aplicação é na Web;
- No servidor *back-end* foi utilizado Node.js para lógica de instruções e comandos de programação interna da aplicação;
- A biblioteca A-Frame foi aplicada para criar e renderizar as cenas 3D e para a programação das ações dentro do ambiente os ambientes virtuais 3D;
- *Three.js* foi usada para abstrair os recursos do *WebGL* e para a criação de objetos virtuais.
- ReactJs foi empregada para fazer o *front-end* da aplicação 2D.
- EJS (*Embedded JavaScript templating*) foi colocada para transportar dados do *back-end* para ao *front-end* (ambiente virtual) e posteriormente ser renderizada pelo A-Frame.
- Como recurso de hardware foram utilizados um celular Samsung Galaxy A31 e um Computador DELL Inspiron 7560.

3.3 Implementação dos Ambientes Virtuais

Além dos ambientes virtuais interativos implementados, a ArTeachingVR possui algumas funcionalidades básicas que possibilitam o gerenciamento de uso da ferramenta, são elas: cadastro de Habilidades/Competências, de conteúdo, de disciplinas, de alunos e professores, de ambientes virtuais, cadastro das falas do avatar guia, dentre outras.

Um componente importante adotado para todos os AVs desenvolvidos é o uso de um avatar guia, conforme apresentado na Figura 2. A função deste guia é acompanhar e transmitir aos alunos instruções (mensagem com voz) e comandos necessários para a execução nos AV. Não deixando o aluno sozinho dentro do ambiente virtual e apoiando-o quando solicitado.

Figura 2. Avatar Guia.



Fonte: Os autores.

Dentre as funções oferecidas pelo avatar guia, destacam-se: Botão Auto Falante  onde é possível mutar e desmutar a voz do guia; Botão Fechar  para finalizar a atividade; Botão liga/desliga  faz com que o guia seja ocultado ou não, bem como o balão de fala principal fica invisível e o avatar é mutado; Botão de Interrogação  onde são disponibilizados tópicos de ajuda ao aluno; Botão de play  para recomeçar o jogo. Todas as interações com os botões são por meio de um clique utilizando um cursor circular dentro dos AVs. Para isso, basta posicionar o cursor em cima do botão desejado, clicar com o mouse ou tocar na tela do celular.

As falas do avatar guia são cadastradas por ambiente virtual, permitindo falas baseadas em texto que podem ser apenas informativas ou interativas. Se forem informativas, os textos são apresentados e as falas são reproduzidas. Caso sejam interativas, é possível adicionar alternativas e indicar a resposta correta. A Figura 4 apresenta um exemplo de interatividade, onde o texto é apresentado e falado, bem como, três opções de escolha são dadas ao aluno.

Com base nas funcionalidades essenciais apresentadas na Seção 3.1 e nas tecnologias indicadas na Seção 3.2, foram gamificados os ambientes virtuais interativos.

De modo geral, a maneira como as perguntas e explicações iniciais acontecem pelo avatar guia, bem como, a forma de se locomover dentro dos AVs são padronizadas. Sobre as perguntas, além do balão com o texto, sempre terá três botões para as respostas, permitindo até três respostas erradas. A pontuação está descrita em cada ambiente. Sobre as explicações iniciais, o avatar primeiro explica o objetivo do AV e pergunta se deseja visualizar o tutorial de como jogar. Caso o aluno não pule o tutorial, ele irá escutar a explicação detalhada do AV e de como jogar, se pular, irá para o jogo diretamente. Para se movimentar nos ambientes virtuais no computador é utilizadas as teclas WASD do teclado em conjunto com o mouse para olhar e direcionar o caminhar. No smartphone, são disponibilizados dois controles analógicos (botões na tela), onde o da esquerda é utilizado para movimentação e o da direita para olhar, conforme a Figura 3.

Figura 3. Interface Analógica do Smartphone.



Fonte: Os autores.

O primeiro jogo desenvolvido visa a Classificação dos Instrumentos Musicais (item a) da Seção 3.1) e utiliza um ambiente virtual no estilo do jogo *minecraft*, onde o aluno explora o ambiente para encontrar diversas chaves coloridas espalhadas em locais fixos e, posteriormente, com a chave encontrada, abrir o baú que tenha a mesma cor da chave. Para pegar uma chave, basta chegar próximo dela e clicar. A última chave capturada sempre é a ativa e as demais, ficam guardadas pelo avatar guia (pode trocar a chave ativa). Para abrir um baú, o aluno tem que ter uma chave na "mão" (ativa), chegar perto do baú fechado e clicar no cadeado. Caso as cores da chave e do cadeado sejam iguais, o baú se abre. Senão, o cadeado treme, negativamente, e a chave volta para a mão do aluno. Ao abrir o baú, primeiro o instrumento musical sobe e fica girando e depois o guia faz a pergunta. Ao acertar a resposta a primeira vez, ganhará 100 pontos, a segunda 75 pontos e a terceira 50 pontos.

Para avançar ao próximo nível, o aluno deve responder cinco perguntas em cada nível (uma pergunta por baú). Ao acertar as cinco perguntas, uma passagem é liberada para o próximo nível. Este AV foi dividido em quatro níveis e o jogo se encerra quando terminar o último nível. Pode ser jogado individualmente ou em equipe, sendo um aluno líder e os demais telespectadores simultâneos (cada um em seu AV atualizado, automaticamente, com as ações do líder). A Figura 4 apresenta a interface deste jogo.

Figura 4. Jogo da Classificação dos instrumentos.



Fonte: Os autores.

O próximo jogo foi o Timbre dos Instrumentos (item b) da Seção 3.1). Neste jogo, o aluno irá experimentar um ambiente de corrida com oito raias, onde cada raia tem oito obstáculos. Cada raia possui uma equipe. Ao entrar no jogo, uma explicação inicial é dada à equipe, enquanto aguarda a chegada dos demais competidores.

Quando o jogo inicia, a equipe é levada automaticamente até o primeiro obstáculo, onde é tocado um som (timbre) de um instrumento, seguido por uma pergunta sobre ele. Ao acertar a resposta, a primeira vez, ganhará 10 pontos, a segunda 7 pontos e a terceira 5 pontos. Caso acerte, o respectivo instrumento aparece e o som é tocado novamente, para dar certeza do acerto. Acertando a pergunta ou errando três vezes (não obterá pontos), este será direcionado ao próximo obstáculo. Cada competidor visualiza seus adversários (nome da equipe, pontuação obtida e tempo percorrido), mas não as perguntas e respostas realizadas. Existem duas fases neste jogo, em que ambas funcionam da mesma forma, apenas alterando-se os instrumentos. O jogo é encerrado respondendo a oitava pergunta.

Ao final da corrida existe um pódio com os três primeiros colocados, que é desempatado pelo tempo gasto para fazer a corrida. Vale ressaltar que durante todo o jogo, o professor da disciplina poderá acompanhar os competidores por meio do seu avatar que sobrevoa a pista de corrida. Pode ser jogado individualmente ou em equipe, com um líder e outros da equipe como telespectadores. A Figura 5 apresenta a interface do jogo.

Figura 5 Jogo do Timbre dos Instrumentos.

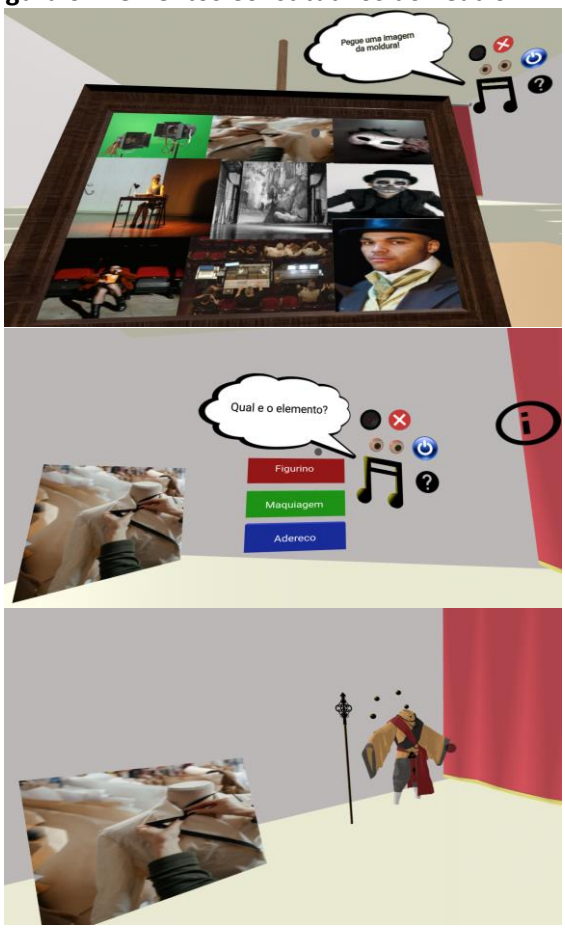


Fonte: Os autores.

O terceiro jogo implementado foi o dos Elementos Constitutivos do Teatro (item c) da Seção 3.1), onde o aluno adentra em um ambiente de teatro, escolhe uma imagem do contexto teatral em um quadro disponibilizado no ponto de partida do jogo. Após a seleção do elemento, este deve encontrar o local correto da imagem dentro do teatro. Para se locomover, basta clicar nos marcadores espalhados (marcas de pés) que será direcionado até ele. Ao chegar no local correto do elemento escolhido, uma pergunta é feita pelo guia. Acertando a pergunta, um elemento virtual 3D correspondente a imagem é acrescida no local indicado. Caso seja o local errado, mais uma chance é dada ao aluno. Se errar novamente, a imagem do elemento

retorna ao quadro inicial, fazendo com que o aluno reinicie o jogo. Acertando ou errando duas vezes, o aluno sempre deve retornar ao ponto de partida para reiniciar o jogo. O jogo é encerrado após nove perguntas serem respondidas ou o tempo total de 12 minutos se encerrar. O tempo foi inserido visando limitar o tempo da atividade em sala de aula. Este é um jogo individual. A Figura 6 apresenta a interface deste jogo.

Figura 6. Elementos Constitutivos do Teatro.



Fonte: Os autores.

O quarto jogo desenvolvido foi o dos Elementos da Dança (item d) da Seção 3.1). Neste jogo foi apresentado o conceito de museu, onde os elementos da dança são inseridos. Pode ser utilizado também durante uma aula presencial, onde o professor pode ou não coordenar as ações no jogo.

Este museu possui três pisos, no primeiro o professor conduz os alunos para apreciação dos elementos da dança. As imagens ou vídeos dos elementos estão dispostos nas paredes ao redor da sala, no formato de quadros interativos. Os alunos podem circular e interagir com os quadros livremente. Entretanto, o professor pode chamar a atenção dos alunos para uma obra específica, clicando em um botão embaixo de cada obra, fazendo com que todos os alunos sejam levados, virtualmente, ao local. A partir deste momento não podem mais se locomover, apenas olhar ao redor. O professor, presencialmente, pode realizar a explicação do elemento, com todos os alunos visualizando a mesma obra. Após encerrar a fase de apreciação, o professor direciona os alunos ao segundo piso.

No segundo piso, existem pilares distribuídos pelo espaço e, ao chegar próximo e clicar em uma imagem representada por uma interrogação, uma pergunta é feita pelo guia. Ao acertar a resposta a primeira vez, ganhará 100 pontos, a segunda 75 pontos e a terceira 50 pontos. Ao responder todas as perguntas ou acabar o tempo, o terceiro piso é liberado. Há cinco perguntas para serem respondidas com tempo determinado de 5 minutos e 30 segundos para a sua conclusão.

No terceiro piso, o professor repassa as perguntas do segundo piso, detalhando cada elemento. Os alunos são colocados virtualmente em cadeiras de um auditório, posicionadas de frente para um telão. Neste momento, o professor presencial poderá explicar e acrescentar novas informações para a turma presencial, que acompanha no virtual. A atividade se encerra ao comando do professor. Pode ser jogado individualmente de forma colaborativa entre os alunos, com o professor sendo a Figura principal. A Figura 7 destaca este ambiente.

Figura 7. Elementos da Dança.



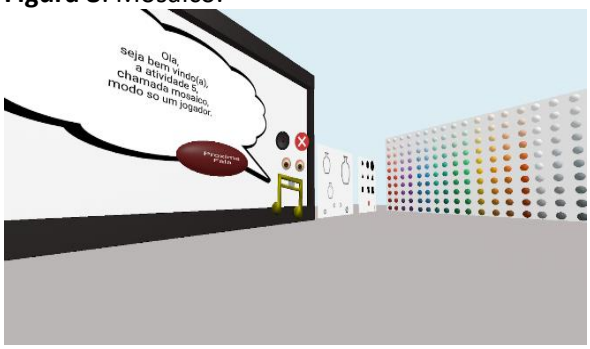


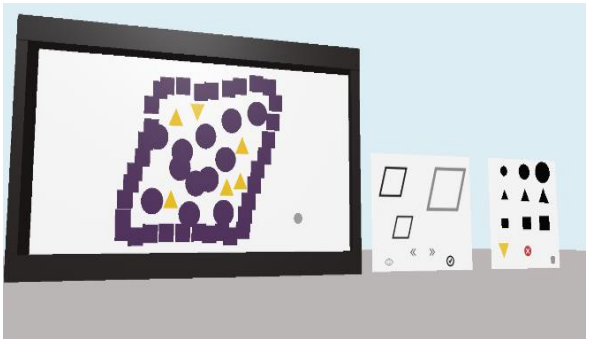
Fonte: Os autores.

O último jogo desenvolvido foi o da Atividade Mosaico, onde o aluno cria seu próprio mosaico dentro do ambiente virtual, utilizando formas geométricas pré-selecionadas (triângulo, círculo e quadrado) de três tamanhos diferentes e com várias opções de cores. O aluno pode interagir com as formas, cores, imagens e colocá-las no quadro principal, formando um mosaico. Para isso, basta selecionar uma forma básica (triângulo, círculo e quadrado), ou escolher uma das formas pré-prontas, em três tamanhos diferentes clicando sobre ela. Para alterar a cor, basta clicar na cor desejada em um painel de cores ao lado das formas. Para colocar no quadro principal do mosaico, tenha uma forma na mão e clique no espaço branco do quadro. Após inserir uma forma no quadro, esta pode ser rotacionada deixando o cursor em cima por 1 segundo e depois a imagem rotaciona em sentido horário

A atividade não possui perguntas e nem tempo, sendo guiada pelo professor presencial ou sendo uma atividade livre. É jogado individualmente. A Figura 8 demonstra a interface deste jogo.

Figura 8: Mosaico.





Fonte: Os autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta Seção apresenta o teste de usabilidade e resultados obtidos na avaliação da ArTeachingVR.

O objetivo do teste de usabilidade é analisar e validar se usuários reais conseguem, claramente, compreender e manipular os ambientes virtuais. Ao final do teste um questionário foi aplicado visando qualificar os ambientes.

O questionário foi desenvolvido e adaptado das heurísticas específicas para avaliação dos ambientes virtuais tridimensionais, propostas por Sutcliffe e Kaur (2000), Sutcliffe e Gault (2004) e Rusu et. al. (2011). Tais autores indicam que não há necessidade que os avaliadores tenham conhecimentos específicos da área e nem sejam certificados. Além disso, as heurísticas propostas por eles se completam, onde Rusu *et al.* (2011) focam na parte de satisfação e feedback, enquanto Sutcliffe e Kaur (2000) e Sutcliffe e Gault (2004) focam em interações específicas com o ambiente virtual. Além desses autores, foi utilizado um Sistema de Escala de Usabilidade (SUS - *System Usability Scale*) proposto por Brooke (1995), que objetiva avaliar a satisfação, eficácia e eficiência da aplicação.

Para a avaliação, foi disponibilizada uma sala com internet, notebooks, celulares e a ArTeachingVR. Em torno de 10 minutos, um moderador introduziu o tema da pesquisa e explicou o método de avaliação. Depois, por cerca de cinco minutos, os cinco avaliadores pesquisadores envolvidos no projeto responderam ao pré-teste. Com idade entre 28 e 55 anos, do sexo feminino, graduados e pós-graduandos. Neste pré-teste, os avaliadores responderam duas perguntas onde afirmam a importância do uso de jogos/gamificação na educação.

Após a resposta do questionário de pré-teste, o moderador apresentou a ArTeachingVR por 15 minutos e posteriormente, os avaliadores puderam experimentar os cinco ambientes virtuais por 30 minutos, fazendo uso de smartphone e computadores. Depois da experiência dos avaliadores, todos responderam um questionário de pós-teste, durante cinco minutos, com 21 questões subdivididas em dezoito perguntas gerais (questões de 1 a 18) e três específicas para as atividades colaborativas ou em equipe (questões 19, 20 e 21). Todas as questões tiveram o mesmo peso.

Para as questões foi adotada uma escala Likert (1932), sendo, 1 - discordo totalmente, 2 - discordo, 3 - não concordo nem discordo, 4 - concordo, 5 - concordo totalmente, no questionário. A tabela 2 apresenta as questões em conjunto com suas heurísticas e seus autores.

Para apresentar os resultados obtidos, foi utilizada a média das respostas por pergunta, o seu desvio padrão e intervalo de confiança. O desvio padrão foi adotado visando expressar o grau de dispersão e a uniformidade do conjunto de dados obtidos nas respostas, indicando, o quanto as respostas estão distantes da média calculada.

Outro item avaliado foi o intervalo de confiança, que se refere a uma quantidade enorme de valores, que conterá um valor de um parâmetro de uma amostra desconhecida, onde a base dessa amostra é a média populacional. Para o cálculo do intervalo de confiança, foram utilizados os seguintes parâmetros: nível de confiança de 95%, por ser uma média mais estreita e próxima a realidade, pois este fica no meio da curva entre 90% e 99% sendo a probabilidade do nível de confiança mais realística no espaço amostral. Além disso, o tamanho da amostra foi de cinco para as perguntas e 21 questões para a média geral. Com um nível de confiança de 95% pode-se afirmar que, em 95% dos experimentos, o intervalo calculado incluirá o valor verdadeiro da média populacional.

Tabela 2. Questionário pós-teste, com asperguntas, médias, desvios padrão e intervalo de confiança.

Pergunta	Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança
01. O avatar guia promoveu um aprendizado inicial sobre o objetivo do ambiente virtual e de como jogá-lo? Heurística Suporte para aprendizado, Autores: Sutcliffe e Gault (2004)	5,00	0,00	[5,0; 5,0]
02. Conseguiu entender ou lembrar do objetivo/tarefa proposto dentro do ambiente virtual? Heurística: Formular objetivo; Autores: Sutcliffe e Kaur(2000)	4,60	0,55	[4,12; 5,08]
03. Dentro do ambiente virtual, eu sei para onde olhar e consegui também visualizar um caminho até um local desejado? Heurística: Encontrar caminho até o alvo e Decidir Direção; Autores: Sutcliffe e Kaur(2000)	4,60	0,55	[4,12; 5,08]
04. Conseguiu andar pelo ambiente virtual, normalmente, e também conseguiu girar a câmera para onde desejava observar? Heurística: Orientação e Navegação e Controle de Câmera e Visualização; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
05. Foi capaz de voltar para um ponto de origem depois que saiu dele? Heurística: Suporte à navegação e orientação; Autores: Sutcliffe e Gault (2004)	5,00	0,00	[5,0; 5,0]

06. Em nenhum momento conseguiu atravessar paredes e objetos? Heurística: Senso de Propriedade; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,00	1,22	[2,93; 5,07]
07. Conseguiu localizar os objetos virtuais necessários para concluir o objetivo da atividade proposta? Heurística: Localizar objetos; Autores: Sutcliffe e Kaur (2000)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
08. Foi fácil entender como interagir e qual a proposta que o ambiente virtual oferecia, além de que, sempre executava as mesmas ações para acionar as mesmas funcionalidades? Heurística: Clareza e Consistência; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
09. Foram visíveis as mudanças realizadas pela minha ação dentro do ambiente virtual, além de que, consegui interpretá-las? Heurística: Reconhecer Feedback e Avaliar Feedback; Autores: Sutcliffe e Kaur(2000)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
10. Consegui decidir o que fazer em seguida, após concluir uma tarefa proposta pelo ambiente virtual. Heurística: Especificar próxima ação; Autores: Sutcliffe e Kaur(2000)	5,00	0,00	[5,0; 5,0]
11. Depois de ter cometido uma ação sem querer, foi possível reparar esta ação. Heurística: Ajudar o usuário a se recuperar de erros; Autores: Rusu *et al.*. (2011)	4,60	0,55	[4,12; 5,08]
12. Dentro do ambiente virtual estão claros quais objetos virtuais são de interação ou não e qual ação pode ser realizada? Heurística: Interação com o mundo virtual; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
13. O avatar guia promoveu informações relevantes dentro do ambiente virtual, sendo de fácil acesso; Heurística: Ajuda e documentação; Autores: Rusu *et al.*(2011)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
14. O ambiente virtual tinha uma interface bem definida, com apenas mensagens do sistema e de interações com os objetos virtuais, entregues de uma forma simples e intuitiva? Heurística: Simplicidade; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,60	0,55	[4,12; 5,08]
15. Não ficou perdido em nenhum momento durante a atividade dentro do ambiente virtual? Heurística: Feedback; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,20	0,45	[3,81; 4,59]
16. Não precisei de ajuda de pessoas com conhecimento técnico e nem de aprender novas coisas para conseguir utilizar os ambientes virtuais? Heurística: SUS; Autor: Brooke (1995)	3,60	1,14	[2,60; 4,60]
17. O ambiente virtual é agradável de usar e eu gostaria de utilizá-lo novamente? Heurística: SUS; Autor: Brooke (1995)	5,00	0,00	[5,0; 5,0]
18. As maneiras de entrar e sair do ambiente virtual estavam indicadas, claramente? Heurística: Pontos claros de entrada e saída; Autores: Sutcliffe e	5,00	0,00	[5,0; 5,0]

Gault (2004)			
19. Consegui visualizar os outros participantes e suas ações dentro do ambiente virtual. Heurística: Senso de propriedade; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,80	0,45	[4,41; 5,19]
20. Os diferentes tipos de usuários existentes nos ambientes virtuais colaborativos (espectador, líder, professor etc.) funcionaram corretamente. Heurística: Comunicação entre os avatares; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,60	0,55	[4,12; 5,08]
21. Os ambientes colaborativos, agregaram positivamente para o andamento das atividades dos ambientes virtuais. Heurística: Comunicação entre os avatares; Autores: Rusu *et al.* (2011)	4,60	0,55	[4,12; 5,08]
Média Geral:	4,67	0,35	[4,52; 4;82]

Fonte: Os autores.

A ferramenta atingiu a média geral de 4,67 (de 0 a 5), que foi considerado um resultado favorável pelos pesquisadores. Vale ressaltar, que os testes com alunos para avaliar o processo de ensino/aprendizagem não está no escopo deste projeto e ficou para os trabalhos futuros.

Os pontos de maior atenção foram as questões 6, 15 e 16, que tratam de atravessar objetos virtuais, ficar perdido no AV e a necessidade de conhecimento técnico e ajuda externa para utilizar os AVs, respectivamente. Isso acontece, pois a maior parte dos participantes do teste nunca utilizaram jogos na área do ensino ou nunca utilizaram sistemas de Realidade Virtual. A parte de atravessar objetos, foi em ambientes específicos, indicando que alguns aspectos da interface devem ser corrigidos para aprimorar esses resultados em avaliações futuras do sistema.

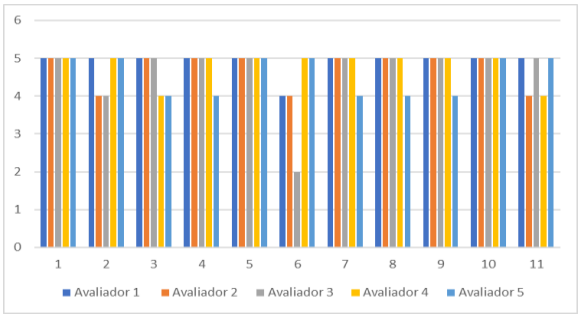
Por outro lado, de forma positiva, os itens 1, 5, 10, 17, 18 receberam nota máxima, indicando que compreenderam o objetivo inicialmente proposto pelos AVs, conseguiram navegar por todos os pontos disponíveis. Além de que utilizariam novamente a ferramenta futuramente e conseguiram detectar facilmente os pontos de saída e entrada do AV.

A média do desvio padrão geral foi de 0,35, sobre uma média geral de 4,67, indicando um valor significativo já que, quanto mais próximo de 0,0, significa que este resultado é homogêneo, uniforme e próximo de uma situação real.

Para uma média geral de 4,67 e um desvio padrão de 0,35, foi obtido um intervalo de confiança de [4,52; 4,82] com margem de erro de 0,15. Este intervalo de confiança médio, demonstra que, mesmo que se faça mais testes de usabilidades na ferramenta, a probabilidade de se encontrar a verdadeira média dentro do intervalo de [4,52; 4,82] é de 95%, ou seja, há uma grande confiança da média da aplicação se manter alta, independentemente da quantidade de avaliadores e testes.

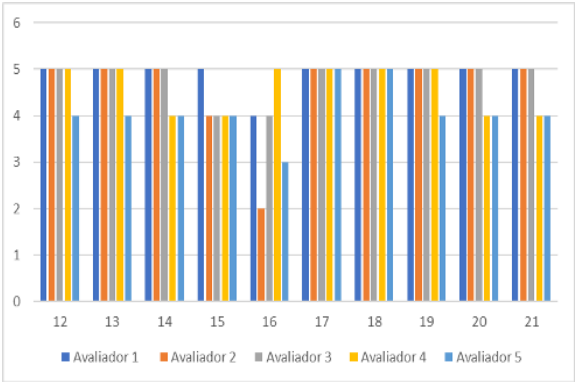
As Figuras 9 e 10 apresentam as respostas de cada avaliador para cada questão do teste aplicado de usabilidade da ArTeachingVR.

Gráfico 1. Respostas dos Avaliadores para Questões de 1 a 11.



Fonte: Os autores.

Gráfico 2. Respostas dos Avaliadores para Questões de 12 a 21.



Fonte: Os autores.

Nas Figuras pode-se visualizar as notas indicadas pelos avaliadores para cada uma das questões entre uma escala de 1 a 5.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a ArTeachingVR, uma aplicação em Realidade Virtual, que disponibiliza ambientes virtuais (AV) tridimensionais interativos, customizados para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem e baseados nos conteúdos, habilidades e competências do currículo paulista para a disciplina de Arte, fazendo uso do computador e um celular.

A partir dos resultados observados, pode-se concluir que a ferramenta atingiu seu objetivo, sendo uma solução simples, para uso por programadores, professores e alunos. Além disso, os testes feitos na ArTeachingVR, demonstraram eficácia e alta eficiência da solução, apresentando uma aplicação viável e possível de ser aplicada nas salas de aulas.

Para trabalhos futuros, pretende-se a criação de mais três ambientes virtuais, além da adição de funcionalidades no AV como chat e no avatar guia com reprodução de vídeo.

REFERÊNCIAS

AKMAN, E.; ÇAKIR, R. Pupils' Opinions on an Educational Virtual Reality Game in Terms of Flow Experience. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 14, n. 15, p. 121-137, 2019. Disponível em: https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/10576. Acesso em: 21 mar. 2021. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i15.10576

BOLIER, W.; HÜRTS, W.; VAN BOMMEL, G.; BOSMAN, J.; BOSMAN, H. Drawing in a Virtual 3D Space - Introducing VR Drawing in Elementary School Art Education**.** *In:* ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA (MM '18) 26.,.2018, New York. **Proceedings** […]. New York, NY: Association for Computing Machinery, 2018, p. 337–345. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3240508.3240692. Acesso em: 18 mar. 2021. https://doi.org/10.1145/3240508.3240692

BROOKE, J. **SUS:** A "quick and dirty" usability scale. Usability Eval. Ind.. 189. , 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228593520_SUS_A_quick_and_dirty_usability_scale. Acesso em: 06 dez. 2021.

CBSP. **Currículo Paulista do Estado de São Paulo**. São Paulo: Seduc SP, 2019. Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/. Acesso em: 15 set. 2020.

DUDH, N. U. **Universal Declaration of Human Rights**. Disponível em: https://www.un.org/en/universal-declaration-human-rights/index.html. Acesso em: 06 out. 2020.

EDWARDS, B. I.; BIELAWSKI, K. S.; PRADA, R.; CHEOK, A. D. Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. **Virtual Reality**, v. 23, p. 363–373, 2019. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-018-0345-4. Acesso em: 21 mar. 2021. https://doi.org/10.1007/s10055-018-0345-4

IGNÁCIO, Y. C. **Virtual lab:** laboratório de química em realidade virtual como ferramenta de apoio ao ensino. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá, 2019. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/49799. Acesso em: 11 out. 2020.

JAGODZIŃSKI, P.; WOLSKI, R. Assessment of Application Technology of Natural User Interfaces in the Creation of a Virtual Chemical Laboratory. **Journal of Science Education and Technology**, v. 24, n. 1, p. 16–28, Feb. 2015. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-014-9517-5. Acesso em: 21 mar. 2021. https://doi.org/10.1007/s10956-014-9517-5

JOSE, J.; AKSHAY, N.; BHAVANI, R. R.; Learning Elementary Physics through Haptic Simulations. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY ADVANCES IN APPLIED COMPUTING (ICONIAAC '14). 2014, New York, **Proceedings** […]. New York, NY: Association for Computing Machinery, 2014.v. 27, p. 1–6. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/2660859.2660937. Acesso em: 18 mar. 2021. https://doi.org/10.1145/2660859.2660937

KAMINSKA, D.; SAPINSKI, T.; AITKEN, N.; DELLA ROCCA, A.; BARANSKA, M.; WIETSMA, R. Virtual reality as a tool in mechatronics education. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTROMAGNETIC FIELDS IN MECHATRONICS, ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING (ISEF) BOOK OF ABSTRACTS, 18., 2017, Lodz. **Proceedings** […]. Lodz, Poland, , 2017. p. 1-2. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/8090721. Acesso em: 18 mar. 2021. https://doi.org/10.1109/ISEF.2017.8090721

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O.P., BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.,; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering - a systematic literature review. **Inf. Softw. Technol.,** Butterworth-Heinemann, Newton, MA, , v. 51, n. 1, p. 7–15, jan. 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009. Acesso em: 02 mar. 2021. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009

LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. Virginia: Universidade da Virgínia, 2008. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=9rotAAAAYAAJ. Acesso em: 10 nov. 2020.

MARTINS, B. **Aplicações de realidade aumentada e virtual para auxiliar a educação**, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Bacharel em Engenharia de Computação e Informação, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10026065.pdf Acesso em: 11 out. 2020.

MARTINS, V.; DE OLIVEIRA, A. J.; GUIMARÃES, M. Implementação de um laboratório de realidade virtual de baixo custo: estudo de caso de montagem de um laboratório para o ensino de Matemática. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 5, n. 1, p. 98-112, maio, 2013. Disponível em: http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/2810. Acesso em: 11 out. 2020. https://doi.org/10.5335/rbca.2013.2810

PEDROSA, S.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M. Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. **Revista Educação e Cultura Contemporânea, América do Norte**, v. 16, n. 43, fev. 2019. Disponível em http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/reeduc/article/viewArticle/6258. Acesso em: 12 out. 2020. https://doi.org/10.5935/2238-1279.20190007

PISA, P. I. A. A. **Resultados PISA 2018**. Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/resultados. Acesso em: 13 out. 2020.

RUSU, C.; MUÑOZ, R.; RONCAGLIOLO, S.; RUDLOFF, S.; RUSU, V.; FIGUEROA, A. **Usability heuristics for virtual worlds**. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN FUTURE INTERNET (AFIN 2011), 3., 2011. p. 16–19,

SUTCLIFFE, A.; GAULT, B. Heuristic evaluation of virtual reality applications. **Interacting with Computers**, v. 16, n. 4, p. 831–849, 2004. https://doi.org/10.1016/j.intcom.2004.05.001

SUTCLIFFE, A. G.; KAUR, K. D. Evaluating the usability of virtual reality user interfaces. **Behaviour & Information Technology**, v. 19, n. 6, p. 415-426, 2000; https://doi.org/10.1080/014492900750052679