

Design de uma Plataforma para Criação de Conteúdos Educacionais em Realidade Aumentada

Design of Tool for Creating Augmented Reality Educational Contents

TORI, Romero; Professor Associado 3; Universidade de São Paulo
tori@usp.br

MASHUDA, Felipe Kenzo Kusakawa; Engenheiro; Universidade de São Paulo
felipe.kenzo@usp.br

BILHA, Felipe Miyaji; Engenheiro; Universidade de São Paulo
felipe.bilha@usp.br

GUO, Bruno Lou Wei; Engenheiro; Universidade de São Paulo
brunoguo@usp.br

Realidade Aumentada (RA) é um recurso presente na maioria dos celulares que os estudantes portam hoje em dia. Pesquisas já demonstraram a eficácia dessa nova mídia na melhoria do engajamento, atenção e aprendizagem dos alunos. No entanto, a RA ainda é pouco utilizada em escolas, devido à pouca disponibilidade de conteúdos didáticos nesse formato e por demandarem conhecimentos de tecnologia e/ou programação para serem criados. Neste artigo apresentamos e discutimos o processo de concepção e design de uma plataforma de criação e publicação em nuvem de conteúdos de RA, voltada para professores de ensino fundamental e médio, gratuita e de código aberto, que não demanda conhecimentos técnicos avançados e é de fácil configuração e utilização. Testes iniciais do protótipo funcional desenvolvido, apresentaram resultados promissores.

Palavras-chave: Realidade aumentada; Educação a distância; Conteúdos educacionais.

Augmented Reality (AR) is feasible in most cell phones that students carry today. Researches have already demonstrated the effectiveness of this new media in improving student engagement, attention and learning. However, AR is still little used in schools, due to the limited availability of didactic content in this format and because they demand knowledge of technology and/or programming to be created. In this article we present and discuss the process of conception and design of a platform for the creation and publication of AR content in the cloud, aimed at elementary and high school teachers, free and open source, which does not require advanced technical knowledge and is easy to use, configure and use. Initial tests of the developed functional prototype have [shown](#) promising results.

Keywords: Augmented reality; Distance education; Educational contents.

1 Contexto, público-alvo, motivação e objetivos

Conquistar a atenção e engajamento dos alunos com os conteúdos de aprendizagem sempre foi um grande desafio para professores e designers educacionais. Esse desafio aumenta a cada nova geração de estudantes, uma vez que novas mídias, tecnologias, serviços e conteúdos de entretenimento concorrem pela atenção dos jovens, além de fomentarem novos comportamentos e atitudes, obrigando a escola a sempre procurar oferecer formas inovadoras para as atividades de ensino-aprendizagem. Uma dessas novas formas se baseia na chamada “realidade aumentada” (RA), que possibilita a visualização de objetos e personagens virtuais tridimensionais - animados e interativos - integrados ao ambiente físico, como se deste fizessem parte (AZUMA, 2001).

Um exemplo do impacto que essa tecnologia pode causar é o grande sucesso do jogo Pokémon Go que permite aos jogadores “caçarem” os personagens dos jogos que se escondem em localidades reais dos espaços físicos das cidades e podem ser visualizados no ambiente, via tela do celular, na forma de realidade aumentada. Esse jogo motiva as pessoas a caminharem e se movimentarem pelo espaço físico, quebrando o paradigma tradicional dos videogames, baseado numa postura sedentária. Um estudo desenvolvido por Hsieh e Chen (2019) identificou que os jogadores de Pokémon Go apresentaram aumento significativo na atenção seletiva, níveis de concentração, imaginação criativa, além de aprimorar suas sociabilidades.

O uso de RA na educação pode trazer benefícios, como a possibilidade de alunos visualizarem conceitos abstratos e fenômenos não observáveis em seus cotidianos, aumentando atenção e engajamento. Estudos já comprovaram tais efeitos positivos em diversas matérias do ensino fundamental e médio, tais como Física (FIDAN; TUNCEL, 2019) e Química (ABDINEJAD et al., 2021). No geral, a RA já vem sendo usada com certo sucesso no contexto educacional (KLETTEMBERG et al., 2021) (IBÁÑEZ; DELGADO-KLOOS, 2018). No entanto, tais usos ainda são bastante limitados, pois a criação de conteúdos de RA exige equipes especializadas e os poucos títulos e ferramentas disponíveis no mercado, a maioria não disponível em português nem adaptada à cultura brasileira, requerem conhecimentos de programação. Dentre as alternativas que não requerem código, não foram identificadas soluções completamente gratuitas e/ou de código aberto (HERPICH; GUARESE; TAROUCO, 2017). Em 2021 os autores fizeram uma busca nas lojas de aplicativos e não encontraram plataformas com tais requisitos.

Apesar de todo o potencial da RA para uso educacional, essa aplicação ainda não atingiu maturidade nem disseminação adequadas, principalmente no contexto educacional brasileiro. Os principais motivos da baixa adesão de professores a essa nova mídia, são: pouca disponibilidade de conteúdos didáticos, dificuldade de produção de conteúdos próprios pelos professores, devido à complexidade no uso de ferramentas, e pouca disponibilidade de ferramentas gratuitas e acessíveis aos professores leigos na tecnologia de RA e em programação (HERPICH; GUARESE; TAROUCO, 2017).

A partir da hipótese de que a disponibilidade de uma plataforma simples e intuitiva de ser utilizada, que possibilite que um professor associe facilmente conteúdos tridimensionais ou na forma de vídeo a marcadores¹, para os quais os alunos poderiam apontar com seus

¹ marcadores são padrões de imagem especialmente posicionados no espaço físico, ou que deste já façam parte, como uma figura em um livro ou um rótulo de um produto. para que sejam rastreados pela câmera do *smartphone* e ancorem os conteúdos virtuais sobrepostos, pela tecnologia de RA, à visão do mundo real apresentada na tela.

smartphones para visualizar tais conteúdos, motivaria professores a experimentar a realidade aumentada como mais uma opção de mídia desenvolvimento de atividades didáticas.

Desta forma, o trabalho aqui apresentado se propôs a realizar uma pesquisa de design e engenharia de computação para a concepção e implementação de uma plataforma de criação e publicação “em nuvem”² de conteúdos de RA, gratuita e de código aberto³, que não demande conhecimentos técnicos avançados nem consuma muito tempo para configuração e publicação. O público-alvo dessa plataforma são professores de ensino fundamental e médio, principalmente de escolas públicas. Espera-se que as ferramentas que compõem a plataforma, conforme concebidas e implementadas, possam facilitar a criação de conteúdo por professores e fácil distribuição a seus respectivos alunos, assim contribuindo para o aumento na adoção da RA em sala de aula.

Com a possibilidade de alunos visualizarem objetos tridimensionais, vídeos e outras mídias, diretamente no mundo real o processo de aprendizagem poderá se tornar mais ativo, eficaz e significativo (ALAM et al, 2019). Ferramentas que permitem a junção da RA com a educação são escassas, sendo as poucas que oferecem esse tipo de serviço (ARLOOPA⁴, por exemplo) custosas e/ou complexas para indivíduos leigos em tecnologia digital. Dessa forma, justifica-se o desenvolvimento de uma plataforma gratuita, de código aberto e simples, não demandando conhecimento técnico para o seu uso.

Este artigo, após explorar os conceitos e tecnologias que fundamentaram o trabalho desenvolvido, apresenta e discute o processo de design, o protótipo desenvolvido e os resultados de avaliações realizadas por professores que o testaram.

2 Realidade Aumentada na Educação

A Realidade Aumentada (RA) não é uma tecnologia específica, mas um conceito de mídia que pode ser implementado por diferentes tecnologias. Azuma et. al. (2001) **estabeleceram** três características básicas que devem ser atendidas para que um determinado sistema ou aplicação seja classificado como RA:

- a) combinar elementos virtuais, gerados por computadores, com o ambiente físico;
- b) possibilitar interatividade em tempo real;
- c) posicionar os elementos virtuais no espaço físico tridimensional, alinhados precisa e consistentemente com os elementos físicos reais.

No citado artigo os autores fazem uma classificação das formas de visualização mais comumente utilizadas para obtenção do efeito de RA:

- a) **visualização por meio de lente** (*optical see-through*): por meio de equipamentos específicos, os chamados “óculos de RA”, o usuário enxerga os elementos virtuais sobrepostos ao ambiente físico, através das lentes semitransparentes que deixam passar a imagem vinda

² conteúdos publicados “em nuvem” ficam disponíveis em servidores da Internet e podem ser acessados remotamente por aplicativos, como por exemplo os os filmes dos serviços de streaming, como Netflix ou Globoplay.

³ aplicações de código aberto disponibilizam os códigos-fonte de seus programas a qualquer interessado, que pode usá-los e/ou modificá-los e/ou publicá-los e/ou comercializá-los, conforme as permissões, restrições e regras estabelecidas pela forma de licenciamento adotada pelos autores originais.

⁴ Arloopa é um serviço *online*, em língua inglesa, que possibilita a criação de conteúdos de RA para acesso via dispositivos móveis; disponível em: <https://arloopa.com/> (acesso em 14/3/22)

do espaço real e ao mesmo tempo funcionam como tela, exibindo pontos de imagem onde forem necessários para visualização de elementos virtuais;

b) **visualização por meio de vídeo** (*video see-through*): geralmente fazendo uso de óculos de realidade virtual, consiste na captura da visão do ambiente físico, por meio de câmeras acopladas aos óculos, a qual é alterada computacionalmente para incluir os elementos virtuais; essa imagem “enriquecida” é apresentada ao usuário que consegue se mover pelo ambiente e com este interagir;

c) **visualização indireta**: da mesma forma que na “visualização por vídeo”, uma câmera captura a imagem do espaço físico e o computador insere nessa imagem os elementos virtuais; a diferença é que, em vez de apresentar a imagem misturada diretamente sobre os olhos do usuário, essa é visualizada sobre uma tela, podendo ser um monitor de computador, um *tablet* ou um celular; nesses dois últimos casos a experiência pode ficar mais imersiva, pois o usuário consegue visualizar o ambiente segurando o dispositivo à frente do local para o qual está olhando, criando-se uma ilusão de que aquela tela seria uma “janela mágica” através da qual o ambiente com efeito de RA pode ser visualizado;

d) **visualização por projeção**: também conhecida como “realidade aumentada espacial”, nessa técnica os elementos virtuais são sobrepostos ao ambiente físico por meio de projeções diretamente lançadas sobre as superfícies dos objetos, desta forma dispensando o uso de óculos ou telas.

Todas essas técnicas podem ser utilizadas para fins educacionais, mas é a visualização indireta, em particular a que se utiliza de *tablets* e celulares, a mais largamente empregada, pela mobilidade que propicia e pela possibilidade de utilizar equipamentos dos próprios alunos. A Figura 1 mostra um exemplo de uso da visualização indireta via dispositivo móvel.

Figura 1 – Exemplo de RA por meio de visualização indireta em dispositivo móvel



Fonte: os autores

Em pesquisa realizada por Klettemberg et. al. (2021) foram analisados usos de RA na educação básica nas matérias de Linguagem, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Arte. Suas conclusões indicam que está havendo uma consolidação no emprego de RA nesse

nível educacional, mas ainda está incipiente na América Latina, exceto no Brasil que, apesar de ficar bem atrás de Ásia, Europa e EUA, possui destacada produção na área em relação a seus vizinhos latinos. Nesse estudo foi também identificado que RA estimula motivação e engajamento, com benefícios já comprovados em diversas áreas do conhecimento, com destaque para as Ciências Naturais. Alguns dos desafios e dificuldades relatados são: conexão com internet, qualidade e disponibilidade dos dispositivos, questões de segurança e políticas de uso de rede nas instituições de ensino, resistência a permitir que alunos utilizem celulares em salas de aula, furtos e uso inadequado dos equipamentos. Pelo lado dos professores são relatadas preocupações com capacitação, falta de tempo, pouca disponibilidade de recursos, conteúdos e ferramentas.

Lee et. al. (2021) identificaram as seguintes oportunidades para as tecnologias de realidade aumentada e misturada:

- a) facilitar experiências de aprendizagem autêntica, ou seja, que exploram o mundo real;
- b) empoderar alunos como designers criativos e “*makers*”;
- c) integrar *storytelling* imersivo em processos de aprendizagem;
- d) integrar aprendizagem imersiva no ensino de ciências, tecnologia e matemática;
- e) fomentar uso de mídias imersivas em espaços de aprendizagem e laboratórios;
- f) capacitar a força de trabalho do futuro.

Silva e Rufino (2021) realizaram uma revisão sistemática de literatura sobre vantagens e desafios do uso de RA como ferramenta pedagógica no ensino médio. Os aspectos positivos identificados nesse estudo encontram-se apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Aspectos positivos do uso de RA na educação.

Ponto positivo	Porcentagem de ocorrência
Melhora no aprendizado	73,68 %
Maior motivação	50,00 %
Abstração de conceitos	26,32 %
Favorece a colaboração	18,42 %
Autonomia do aluno	7,89 %
Divertido	7,89 %
Rapidez para apresentar o conteúdo	7,89 %
Criatividade	5,26 %
Facilidade da ferramenta de desenvolvimento	5,26 %
Outros	13,16 %

Fonte: (SILVA; RUFINO, 2021).

Ainda no estudo de Silva e Rufino (2021) foram apontados os seguintes desafios:

- a) necessidade de melhoria do software;
- b) necessidade de conhecimento técnico por parte do professor;
- c) diversidade, discrepâncias e incompatibilidades nos dispositivos;
- d) desconforto na manipulação dos equipamentos.

Cardoso et. al. (2017) discutem os desafios de se aplicar RA na educação e apresentam diversas metas e ações que consideram importantes para enfrentar tais desafios e acelera a adoção de RA como recurso educacional. Dentre as metas apresentadas destacamos as seguintes:

- a) “Disseminação de ferramentas de autoria, que dispensam aprendizado de etapas demoradas e de programação”
- b) “Concepção de ferramentas de autoria para não especialistas”
- c) “Facilitar compartilhamento de conteúdo e aprendizagem da concepção de novas aplicações”

O trabalho aqui apresentado pretende contribuir no sentido de se caminhar rumo a essas metas.

3 Metodologia

O projeto aqui apresentado possui uma característica transdisciplinar, envolvendo educação, design e engenharia de computação. A identificação do problema, demandas, motivação, objetivo e justificativas, conforme já apresentados na seção 1, vieram de pesquisas bibliográficas na área de tecnologia aplicada à educação. A partir dessa definição o projeto constou de duas etapas: design (concepção e design de interação) e implementação (engenharia de computação). Na etapa de design, aplicou-se o método de pesquisa em design baseado no *framework* Babbie (ABUTABENJEH; JARADAT, 2018) para conceber quais e como seriam os módulos da plataforma, associado ao método de design de interação (SHARP et. al., 2019) para concepção das interfaces, prototipagens e decisões tecnológicas. Por fim, aplicou-se o método unificado (UNHELKAR, 2017) para a etapa de engenharia de computação, desenvolvendo-se todos os módulos do software (nuvem, web e aplicativo móvel) e criando-se um protótipo funcional que foi disponibilizado a professores interessados em testá-lo e avaliá-lo.

Neste artigo focaremos nas discussões das questões de design (seção 4) e complementaremos com uma visão geral das etapas de implementação (engenharia de software) e testes.

4 Design

São apresentadas a seguir as duas etapas do processo de concepção da plataforma para criação de conteúdos educacionais em realidade aumentada

4.1 Concepção Geral

Seguindo a metodologia de Design Science Research (DSR), baseada no *framework* Babbie (ABUTABENJEH; JARADAT, 2018), foram estabelecidos os seguintes passos.

4.1.1 Propósitos da Plataforma

A partir das pesquisas realizadas em relação ao uso de realidade aumentada na educação, seus desafios e *gaps*, já apresentados na seção 1, foram estabelecidos os seguintes propósitos para o projeto a ser concebido:

- a) plataforma para produção de conteúdos de RA por professores sem conhecimentos técnicos e pouca disponibilidade de tempo;
- b) ambiente de código aberto, visando sua evolução por meio de trabalhos colaborativos desenvolvidos por voluntários;
- c) armazenamento em nuvem;
- d) acesso aos conteúdos de RA pelos alunos, por meio de seus próprios celulares;
- e) interfaces intuitivas e simples, que não demande treinamento prévio, tanto para professores quanto para alunos.

4.1.2 Conceituação

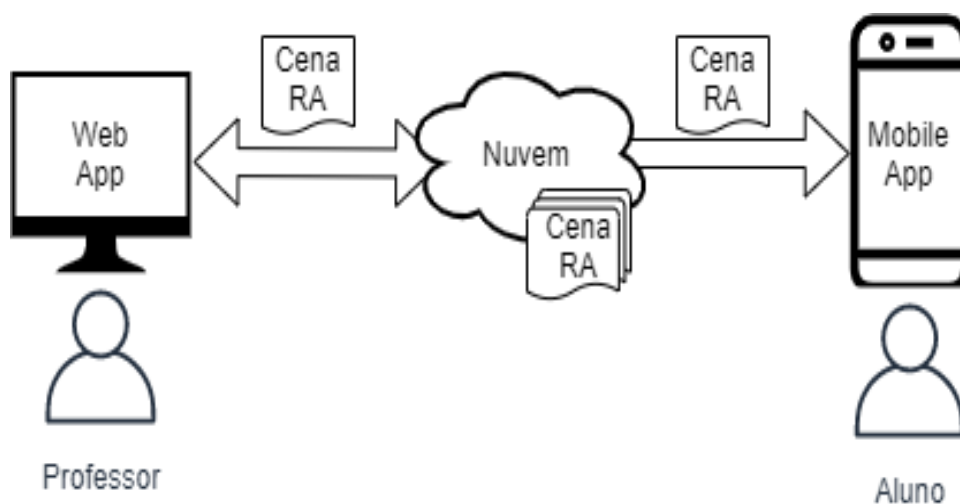
A plataforma foi planejada para ser composta por três módulos (Figura 2).

Módulo Web, acessado apenas pelo professor para configuração e preparação dos conteúdos;

Módulo Nuvem, responsável pelo gerenciamento dos usuários, armazenamento dos conteúdos e articulação entre os outros dois módulos; e

Módulo Mobile, por meio do qual os alunos deverão acessar os conteúdos e experienciar a realidade aumentada.

Figura 2 – Conceituação geral da plataforma



Fonte: os autores

4.1.3 Definição dos métodos

Para estudo do público-alvo, levantamento de necessidades, contexto, cenários e estabelecimento de requisitos foi definida a pesquisa bibliográfica, cujos resultados já foram sintetizados na seção 1. Para a concepção dos módulos *Web* e *Mobile*, e suas respectivas interfaces, foi definido o método proposto por Sharp et. al. (2019), denominado “design de interação”. Para o desenvolvimento do software dos três módulos foi estabelecido o método unificado (UNHELKAR, 2017).

4.1.4 Análise e Aplicação

A partir de análises do público-alvo e dos propósitos que foram estabelecidos, procedeu-se à especificação de requisitos, a qual serviu de ponto de partida para a próxima etapa (Design de Interação). Os requisitos do módulo *Web* estão apresentados nos Quadros 2 e 3 e os requisitos do Módulo *Mobile* encontram-se nos Quadros 4 e 5.

Quadro 2 – Requisitos Funcionais do Módulo *Web* (Editor de Conteúdo).

Requisito	Essencial	Desejado
RFP01	Gerenciar conta	
RFP02	Adicionar Marcador	Validar a qualidade do marcador
RFP03	Associar Overlay ao Marcador	
	1. Adicionar Overlay tipo Imagem 2. Adicionar Overlay tipo Vídeo 3. Adicionar Overlay tipo 3D 4. Visualizar e editar posição, rotação e escala do Overlay em relação ao marcador	5. Associar <i>link</i> externo para acessar conteúdos extras 6. Georreferenciamento 7. Copiar/Duplicar overlay
RFP04	Gerenciar Biblioteca de Cenas	
RFP05		Editor de vídeo
RFP06		Criar múltiplos Canais

Fonte: os autores

Quadro 3 – Requisitos Não Funcionais do Módulo *Web* (Editor de Conteúdo).

Requisito	Essencial	Desejado
RNFP01		Interface simples e intuitiva 1. Operações de transformação dos overlays com auxílio de guias em eixos.
RNFP02	Segurança e privacidade do usuário 1. Não coletar dados pessoais sem consentimento. 2. Autenticação e autorização do usuário.	
RNFP03		Tratamento de Erros 1. Exibir mensagens de erro para ações inválidas.

Fonte: os autores

Quadro 4 – Requisitos Funcionais do Módulo *Mobile* (Aplicativo RA).

Requisito	Essencial	Desejado
RFA01	Acessar canal por nome com ou sem senha	
RFA02	Reconhecer marcadores 2D	

RFA03		Utilizar marcador 3D
RFA04		Georreferenciamento
RFA05	Exibir modelos 3D, imagens e vídeos	
RFA06		Links externos para acessar conteúdos extras

Fonte: os autores

Quadro 5 – Requisitos Não Funcionais do Módulo *Mobile* (Aplicativo RA).

Requisito	Essencial	Desejado
RNFA01		Interface não intrusiva no aplicativo para não quebrar imersão 1. Não utilizar menus flutuantes sobrepondo a visualização dos overlays. 2. Interação com os overlays por meio do toque à tela. 3. Todas as configurações escondidas sob um “menu gaveta” lateral, exibido se usuário arrastar a partir da direita.
RNFA02		Aplicativo desenvolvido para Android
RNFA03		Tratamento de Erros 1. Exibir mensagens de erro ao realizar ações inválidas.

Fonte: os autores

4.2 Design de Interação

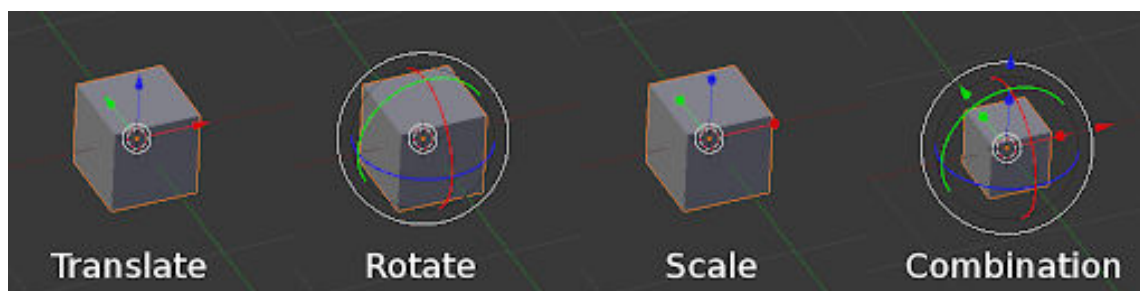
A partir da especificação de requisitos realizada na etapa anterior, partimos desse mesmo ponto para aplicação do método de design de interação de Sharp et. al. (2019). Após a definição dos requisitos, entramos na fase de prototipagens.

4.2.1 Prototipagem do Módulo *Web*

Seguindo a metodologia de design de interação, foram desenvolvidos e refinados, protótipos de baixa definição que atendiam aos requisitos estabelecidos, por meio de um ciclo de criação, validação, testes, avaliação e refinamento, até se chegar aos *wireframes* definitivos das telas de interação. São mostradas, a seguir as decisões tomadas para a funcionalidade mais importante do Módulo *Web*, que é a edição (movimentação, escala e posicionamento em relação ao marcador) do conteúdo, o qual foi denominado “*overlay*”, a ser apresentado na forma de RA pelo módulo *Mobile* (app de celular).

A interação durante a edição precisaria ser bastante intuitiva, sem demandar conhecimentos em programação. Dessa forma, ela foi feita primariamente por meio de uma interface gráfica que permitisse algumas operações sobre os *overlays*: translação, rotação e mudança de escala, assemelhando-se à interface do editor 3D de código aberto Blender, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Interfaces das guias de diferentes tipos de manipulação.

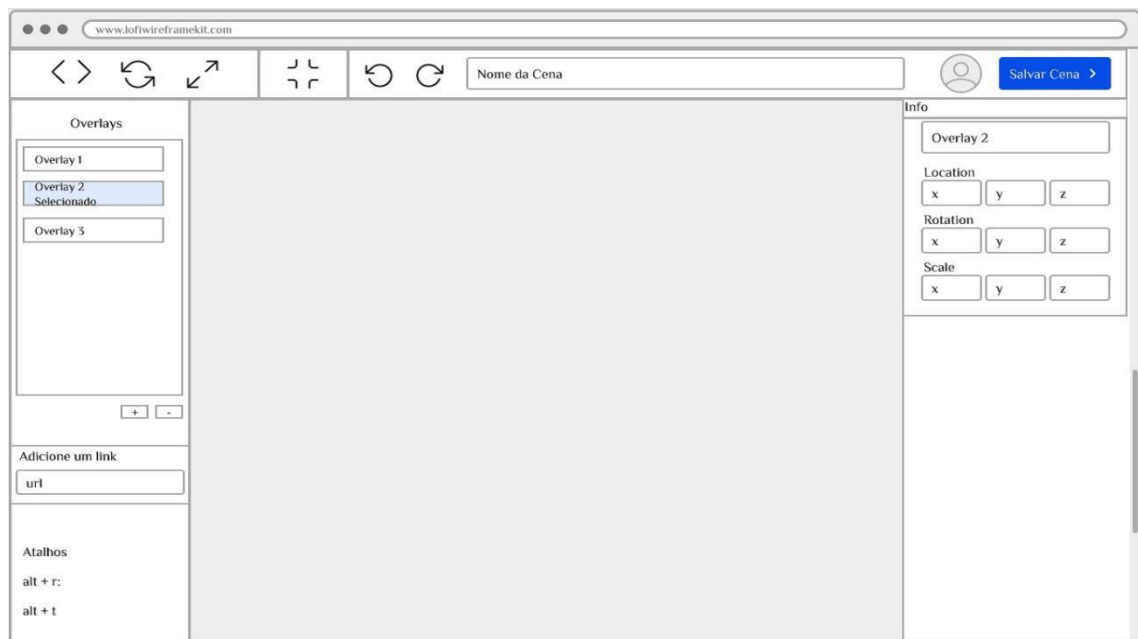


Fonte: https://wiki.blender.jp/Doc:2.6/Manual/3D_interaction/Transform_Control/Manipulators

A característica principal da funcionalidade de edição é a capacidade de renderizar, em um espaço 3D e em tempo real, o marcador de uma cena e o *overlay*, exibindo diretamente neste as alterações realizadas. A imagem do marcador é centralizada e fixada à origem do espaço 3D e os modelos dos *overlays* podem ser movidos e rotacionados livremente. A câmera *virtual* também pode ser movida livremente, permitindo visualização dos modelos de qualquer ângulo.

Uma série de protótipos do tipo *wireframe* foram produzidos, contendo as telas planejadas para a funcionalidade de edição. A principal delas é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Protótipo *wireframe* da tela de edição do Módulo Web



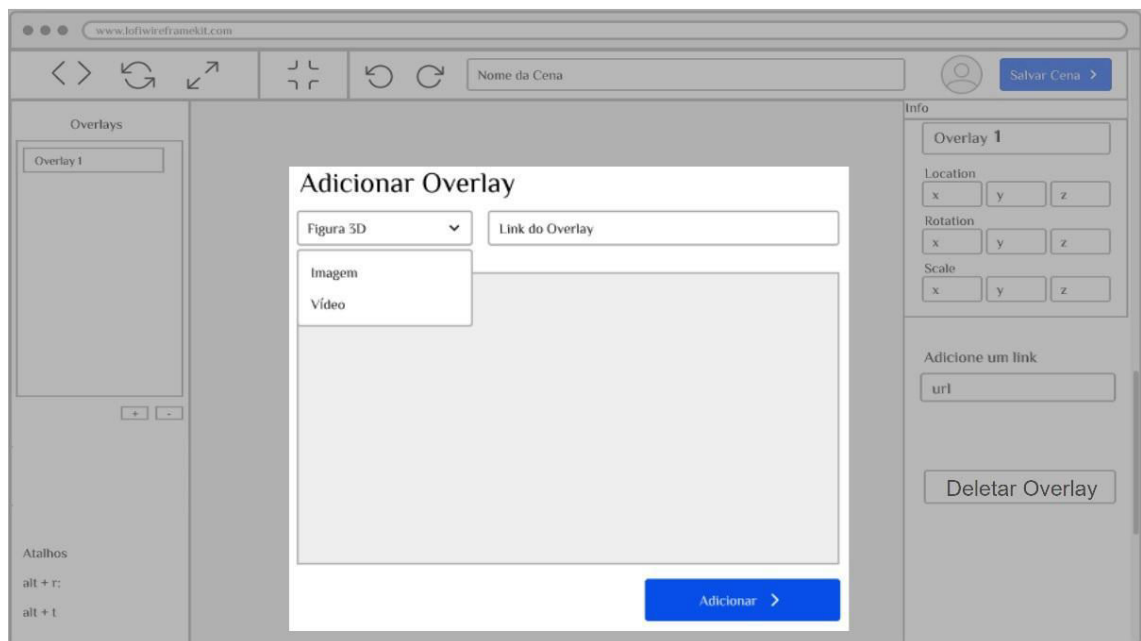
Fonte: os autores

No canto esquerdo há uma lista de *overlays* presentes na cena, sendo o “*overlay 2*” selecionado. Abaixo, há uma caixa de texto em que é possível adicionar um *link* à cena. A parte central dessa tela é a janela de visualização (*viewport*). No lado direito há informações de posição, escala e rotação do *overlay* selecionado. No canto superior da tela, há uma barra de ferramentas, em que é possível selecionar as ferramentas de posição, rotação e escala, bem como um botão para centralizar o *overlay* e botões de desfazer e refazer ação. É possível editar o nome da cena na caixa de texto central e, do lado direito, há o botão de salvar a cena editada. Para adicionar um novo *overlay*, optou-se por mostrar um modal em que o professor pode selecionar o tipo desejado, o *link* para o arquivo e uma janela de pré-visualização. A Figura 5 apresenta o protótipo *wireframe* desse modal.

A Figura 6 apresenta o protótipo desenvolvido para a funcionalidade de edição do Módulo Web. Essa funcionalidade permite que o professor, após subir a imagem que servirá de marcador no espaço físico (marcador esse para o qual o aluno deverá apontar a câmera de seu smartphone para visualizar o conteúdo preparado pelo professor) associe objeto 3D ou o vídeo a ser visualizado na forma de RA pelo aluno, o que chamamos de “cena”. Durante a edição o professor pode ampliar ou reduzir a escala do objeto e reposicioná-lo em relação ao marcador.

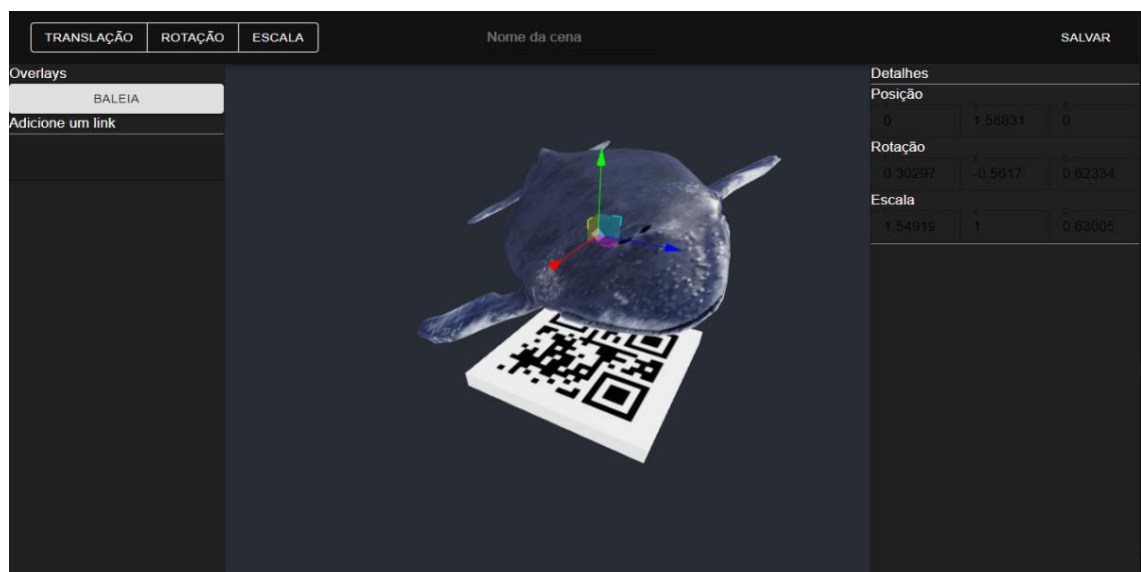
Em sua implementação, que não é o foco deste artigo, foram utilizadas as bibliotecas *ReactJS* e *Material UI* para compor a interface de usuário, e as bibliotecas *Three.js* e *React-Three-Fiber* para a implementação do *viewport* e das funcionalidades de interação com o modelo 3D.

Figura 5 – Protótipo *wireframe* do modal de adicionar *overlay* do Módulo *Web*.



Fonte: os autores

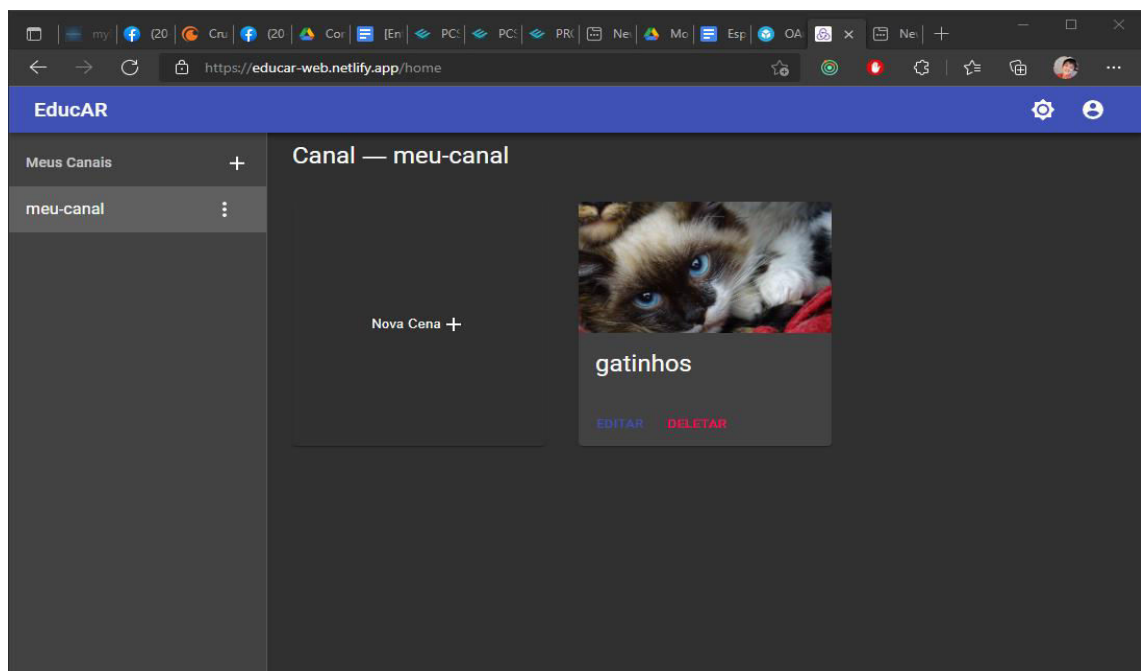
Figura 6 – Protótipo de alta fidelidade da funcionalidade de edição 3D do Módulo *Web*.



Fonte: os autores

Para servir conteúdos de realidade aumentada, foi segmentado o gerenciamento de conteúdo da seguinte maneira: professores criam canais de conteúdo e, nestes canais, são criadas cenas de realidade aumentada, as quais os usuários finais (**alunos**) podem acessar por meio do aplicativo *mobile*. As ações de gerenciamento são realizadas na página inicial da aplicação, cuja solução final de prototipagem é exibida Figura 7, a qual visou simplificar a usabilidade.

Figura 7 – Página inicial do Módulo *Web*.



Fonte: os autores

Por fim, o mesmo processo foi repetido para as demais telas de interação do Módulo *Web*, até se chegar às suas versões definitivas.

4.2.2 Prototipagem do Módulo *Mobile*

Da mesma forma que no Módulo *Web*, um ciclo de prototipagens e refinamentos foi efetuado para se chegar aos *wireframes* do Módulo *Mobile*.

O aplicativo para dispositivos móveis tem como objetivo possibilitar o consumo dos conteúdos de realidade aumentada produzidos pelos professores. O design da interface teve como alvo ser o mais simples e menos intrusivo possível, tendo em vista a sua utilização por estudantes em contexto de aula. O conceito deste design é de que o aluno se mantenha imerso na experiência com realidade aumentada e sua atenção esteja no conteúdo e não na aplicação. A Figura 8 apresenta os protótipos do tipo *wireframe* das telas do Módulo *Mobile*.

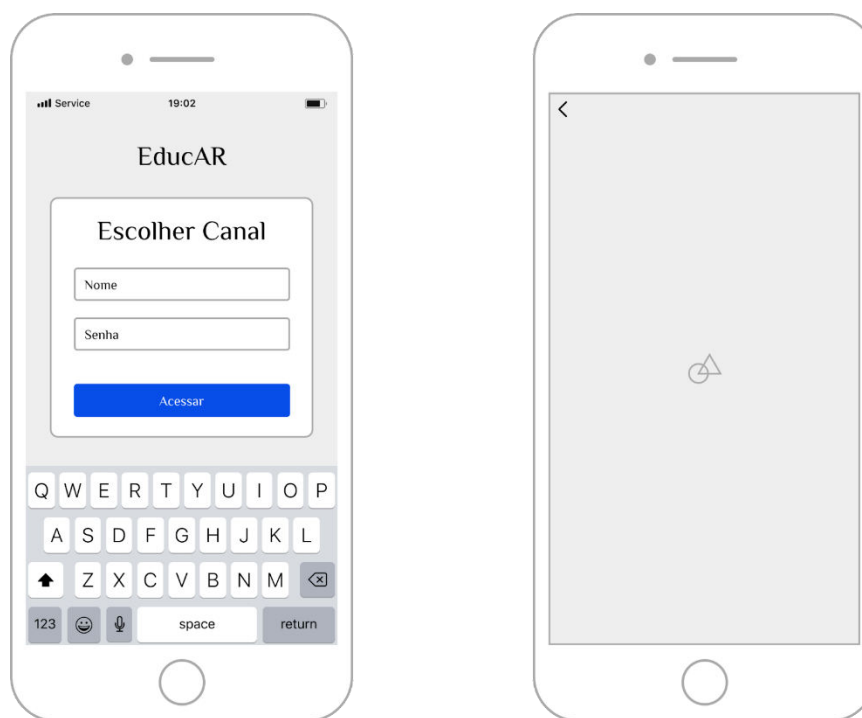
O acesso aos conteúdos, disponibilizados nos canais dos professores, deve ser feito digitando-se o nome e a senha do canal (informados pelo professor) em caixas de texto da tela inicial.

Uma vez no canal desejado, deve ser possível visualizar e interagir com as cenas registradas naquele canal por meio do vídeo da câmera do dispositivo móvel. Quando o aluno executar o

aplicativo mobile e apontar a câmera para um marcador presente no espaço físico, se este tiver sido previamente registrado e associado a um conteúdo pelo professor, via módulo Web, o *overlay* correspondente àquela cena é apresentado ao usuário, sobrepondo-o ao marcador. Ao observar a tela do dispositivo móvel, o aluno terá a ilusão de o *overlay* estar presente no espaço físico que está sendo visualizado na tela, conforme o exemplo mostrado na Figura 9 , na qual um *overlay* sobre um marcador, no caso uma imagem de satélite da Terra, é detectado.

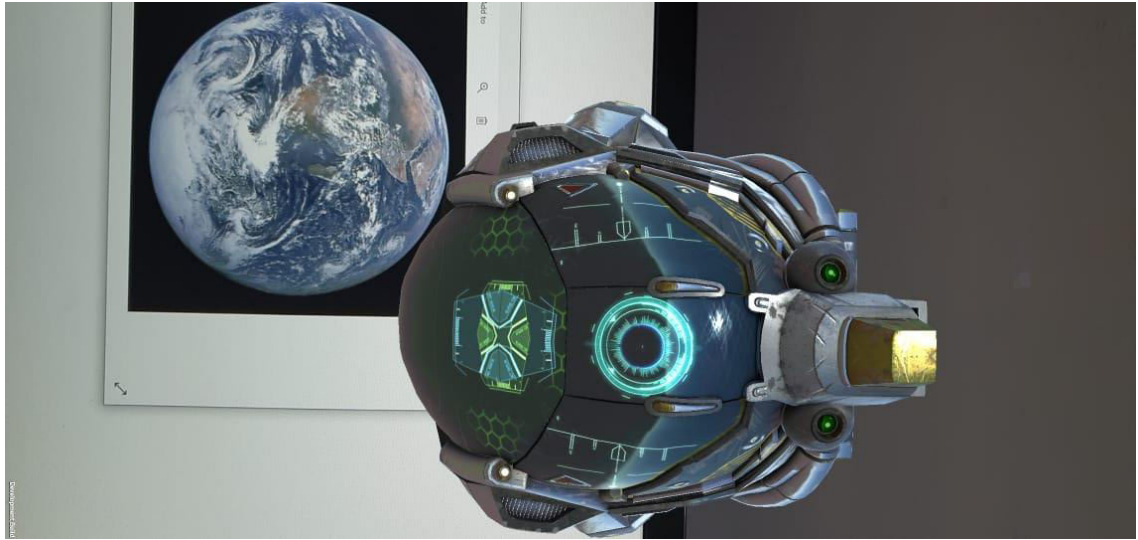
A realidade aumentada permite a movimentação da câmera e a observação do *overlay* (elemento virtual 3D sobreposto ao ambiente físico) por qualquer ângulo, proporcionando aos estudantes a sensação de que o modelo é um objeto tridimensional holográfico que está no espaço físico à sua frente. Ao tocar o objeto virtual sendo visualizado aparece a opção de seguir o link associado àquele conteúdo.

Figura 8 – Protótipo da interface do Módulo *Mobile*.



Fonte: os autores

Figura 9 – Protótipo do Módulo *Mobile*



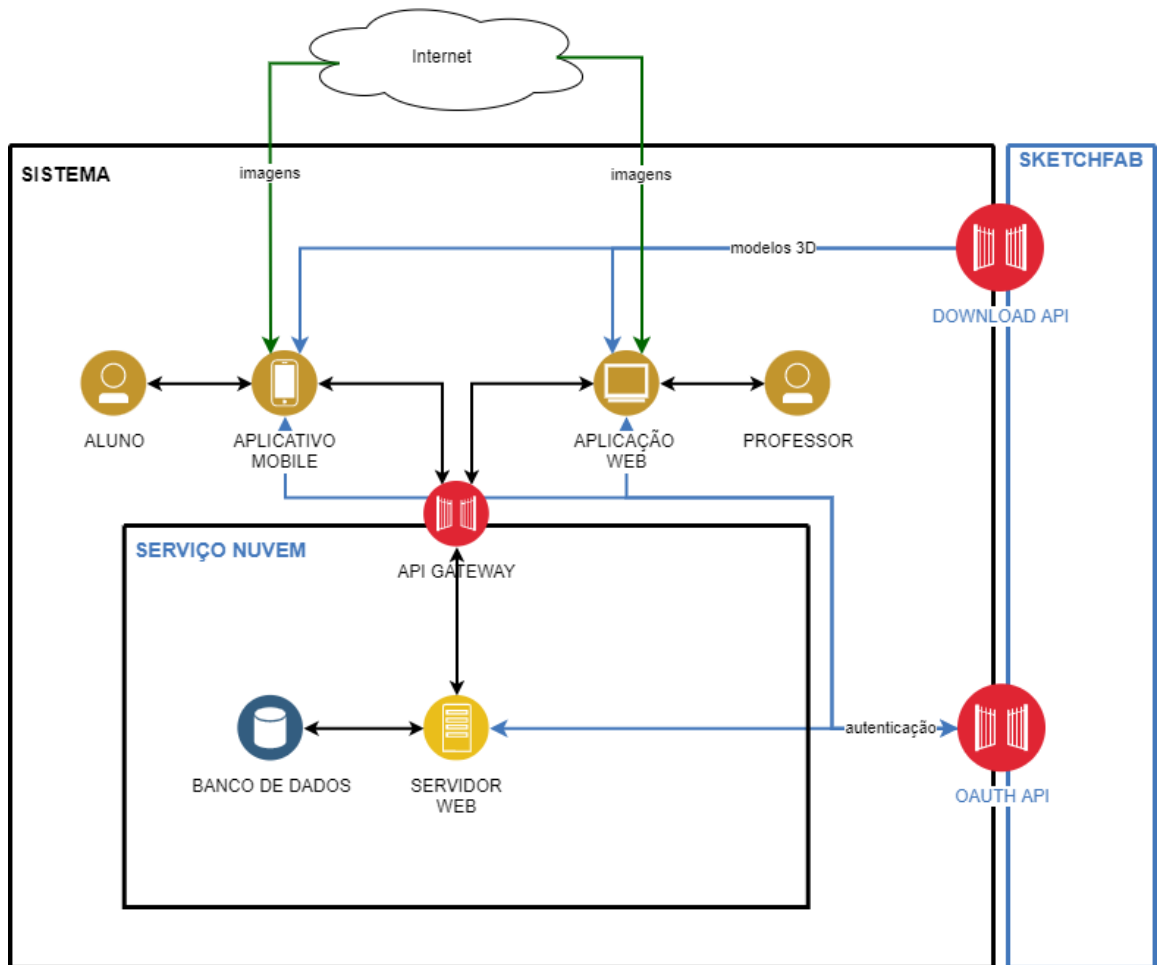
Fonte: os autores

5 Implementação

Usando-se o método unificado e a linguagem UML (UNHELKAR, 2017) foram desenvolvidos os artefatos que subsidiaram as tomadas de decisões quanto às questões tecnológicas, da arquitetura do software e de seu desenvolvimento. Tais decisões foram tomadas de forma independente para cada um dos três módulos da plataforma, visando-se atender às suas necessidades específicas.

Nesta seção é dada uma visão geral da arquitetura de software, que pode ser vista na Figura 10.

Figura 10 – Arquitetura de Software da Plataforma



Fonte: os autores

O Módulo *Mobile* e o Módulo *Web* estão conectados ao Módulo Nuvem por meio de um servidor *Web*⁵. As aplicações enviam requisições para o servidor. O servidor, por sua vez, interpreta a requisição, acessa o banco de dados (em nuvem) caso seja necessário e retorna uma resposta para a aplicação do usuário contendo o conteúdo solicitado. Por fim, é necessária a presença de um *API Gateway*⁶ para realizar a autenticação e autorização de usuário a fim de controlar o acesso ao servidor *Web*.

É importante ressaltar que o banco de dados da aplicação não armazena quaisquer tipos de arquivos multimídia. Cada cena contém as informações (*links*) necessárias para acessar os arquivos de fora do sistema. Para o caso de imagens e de vídeos, é necessário fornecer *links* que contenham esses arquivos diretamente. Já para os modelos 3D, decidiu-se por integrar a plataforma com o *Sketchfab*⁷, que é um repositório de modelos em nuvem. Há uma abundância de conteúdo gratuito, que os professores podem utilizar para compor as suas cenas.

⁵ "servidor *Web*" é computador (ou conjunto de computadores) responsável por armazenar, processar e enviar arquivos do site para o usuário, em geral pertencentes a um provedor de serviços de nuvem.

⁶ "API *Gateway*" é um gerenciador de requisições (de forma simples, "pedidos do usuário") para o servidor, permite ter um controle melhor das APIs disponibilizadas e assim garantir mais segurança e facilitar a manutenção do site.

⁷ Disponível em: <https://sketchfab.com/> (acesso em 15/4/22)

É necessário que o usuário possua uma conta no *Sketchfab* para que possa fazer o download de arquivos. Para isso, há uma API que permite a autenticação dos usuários via *OAuth*⁸, que deve ser incorporada ao Módulo *Web*. A fim de evitar que o professor tenha que realizar dois *logins* para utilizar a plataforma, decidiu-se por utilizar o *OAuth* do *Sketchfab* para cadastrar e autenticar os usuários no *back end*⁹ do sistema do projeto.

6 Testes

Cada um dos três módulos foi testado e validado tecnicamente pelos autores, com análise de tempos de resposta e aderência aos requisitos. Eventuais erros e discrepâncias identificados foram corrigidos. Em seguida os três módulos foram integrados e validados da mesma forma.

Visando-se ter uma validação externa inicial da plataforma, principalmente para verificação da robustez da solução tecnológica em nuvem e identificação de eventuais problemas de usabilidade, uma versão “beta” da plataforma foi disponibilizada para interessados em geral, não necessariamente professores. Dentre os interessados que utilizaram os dois módulos interativos da plataforma (*Web* e *Mobile*), sete pessoas deram *feedback* relativos ao Módulo *Mobile* e cinco se dispuseram a responder sobre suas experiências com o Módulo *Web*. Essa quantidade de testadores foi considerada suficiente pelos autores para os testes iniciais, tendo em vista o conhecido achado de Nielsen (1994) de que, com apenas 5 pessoas testando a usabilidade de um sistema, de 77% a 85% dos problemas costumam ser identificados.

No referido artigo o método utilizado é o chamado “*think aloud*”, no qual os testadores são observados enquanto interagem com o sistema e solicitados a verbalizar o que estão pensando enquanto interagem. Diferentemente, nossos “beta-testadores” utilizaram a plataforma remotamente e preencheram um formulário de avaliação. Acreditamos que, dados os cenários de uso previstos para a plataforma em questão, que são os mais variados e envolvendo diferentes condições de conexão e características dos dispositivos móveis e computadores utilizados, sem acompanhamento ou assistência, os testes remotos refletem melhor as condições reais de uso. A seguir são apresentados os principais resultados dos testes realizados pelos “beta-testadores”.

6.1 Módulo *Web*

Com o intuito de observar a experiência do usuário, foram feitas as seguintes perguntas:

P1 - Você conseguiu criar um canal com conteúdo que queria?

P2 - Se você fosse um professor, você utilizaria essa plataforma?

P3 - Teve alguma dificuldade? Se sim, poderia comentar aqui?

P4 - O que você achou do site? Críticas, sugestões ou elogios?

P5 - Você conseguiu visualizar o conteúdo do(s) canal(is) que você criou?

P6 - Se você teve dificuldade em visualizar conteúdo de algum canal criado, poderia colocar aqui o nome daquele canal e descrever o que não conseguiu visualizar?

⁸ “*OAuth*” é o protocolo de autorização desenvolvido para permitir login em outros sites utilizando contas de provedores de identidade (Google, Facebook, Twitter etc). Ao realizar o login dessa forma, o usuário envia algumas informações básicas da conta do provedor de identidade sem enviar a senha de acesso ao site.

⁹ “*back end*” é a parte do servidor *Web* que realiza a comunicação com o banco de dados e o processamento de arquivos e dados do site.

P7 - Sugestões, críticas ou elogios? Queremos ouvi-lo!

Foram ainda solicitadas algumas notas (de um até sete) para:

N1 - Facilidade para utilizar o *site*

N2 - Tempo gasto para criar um canal?

N3 - O projeto despertou interesse?

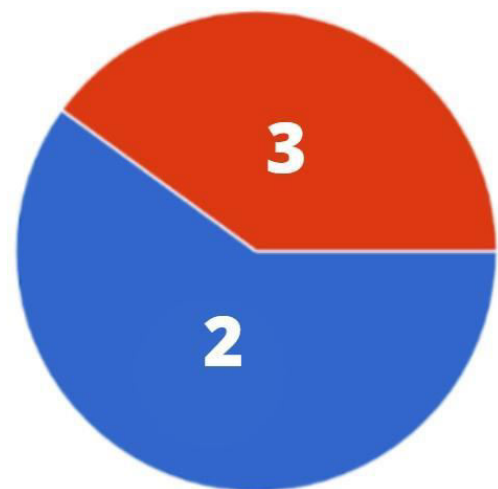
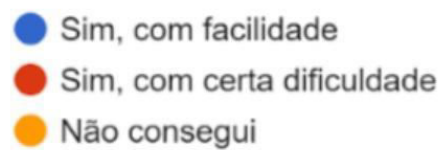
N4 - O projeto é inovador?

N5 - Em sua opinião, o quão eficiente essa tecnologia será para o ensino?

Do questionário obtiveram-se os seguintes resultados, demonstrados nas Figuras 11 a 18.

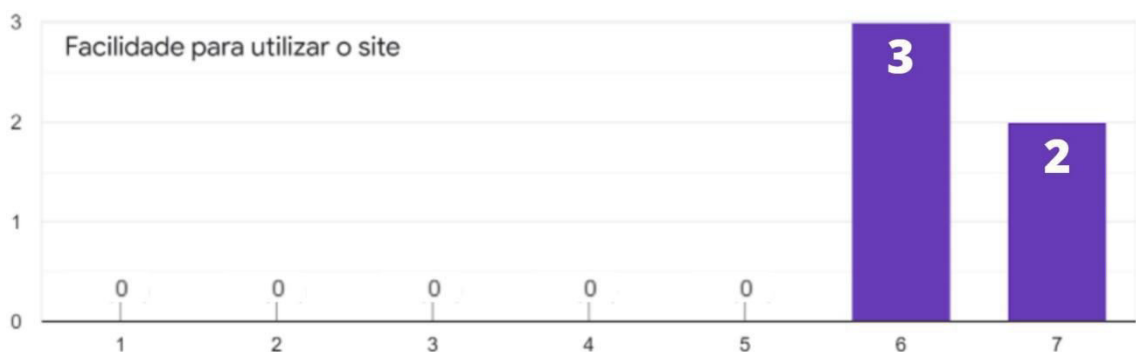
Figura 11 – Gráfico de resposta da criação do canal.

Você conseguiu criar um canal com conteúdo que queria?



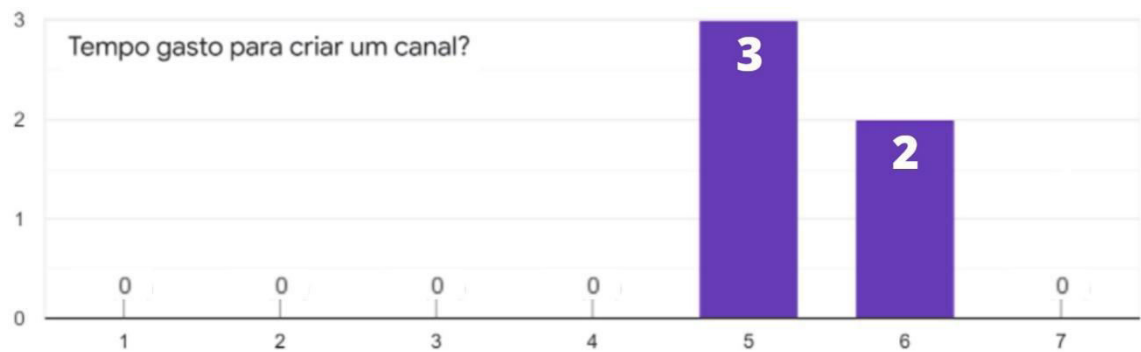
Fonte: os autores

Figura 12 – Gráfico de resposta da facilidade de utilização do site.



Fonte: os autores

Figura 13 – Gráfico de resposta do tempo gasto na criação do canal



Fonte: os autores

Figura 14 – Gráfico de resposta da opinião sobre o uso da plataforma na educação.

Se você fosse um professor,
você utilizaria essa plataforma?

● Sim
● Não

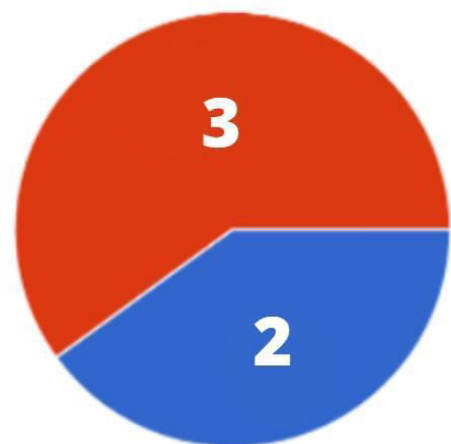


Fonte: os autores

Figura 15 – Gráfico de resposta da visualização do canal.

Você conseguiu visualizar o conteúdo
do(s) canal(is) que você criou?

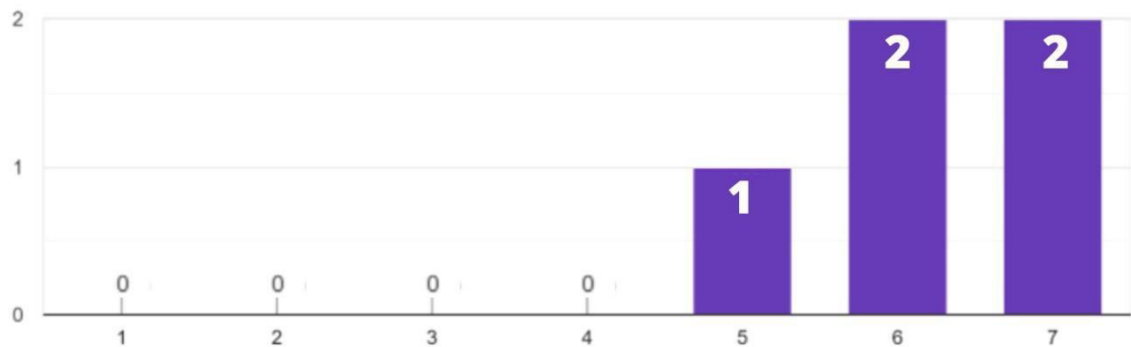
● Sim, com facilidade
● Sim, com certa dificuldade
● Não consegui



Fonte: os autores

Figura 16 – Gráfico de resposta do interesse dos usuários.

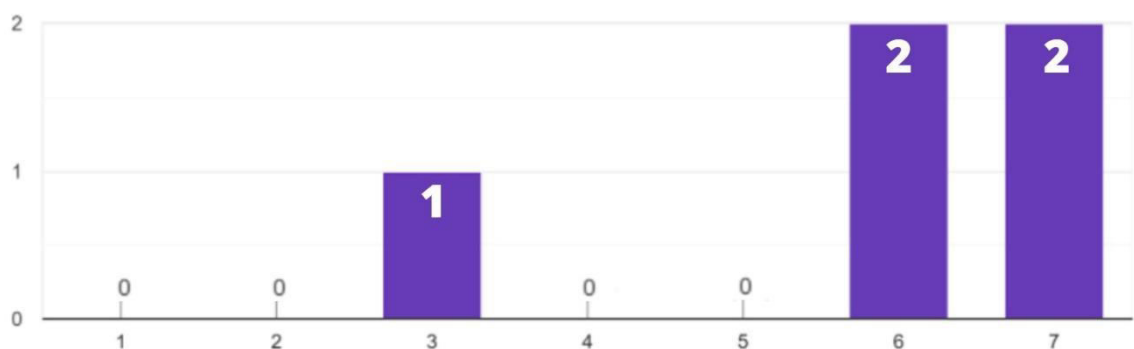
O projeto despertou interesse?



Fonte: os autores

Figura 17 – Gráfico de resposta da opinião dos usuários sobre a inovação do projeto.

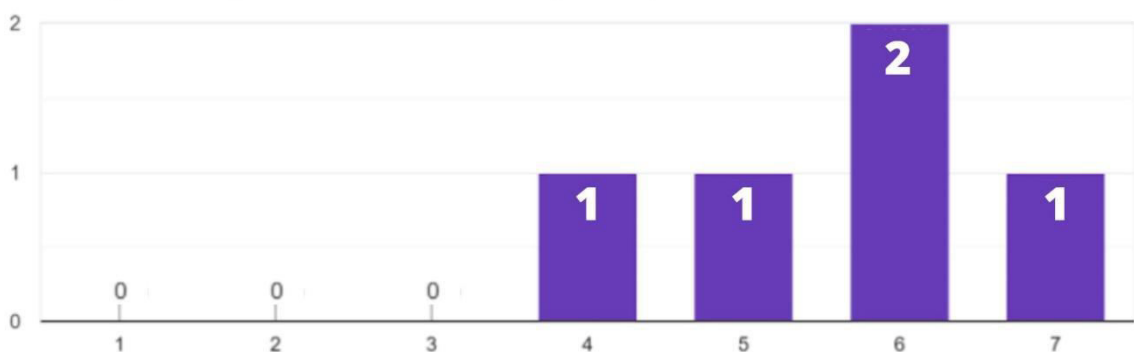
O projeto é inovador?



Fonte: os autores

Figura 18 – Gráfico de resposta sobre a eficiência do projeto na educação.

Em sua opinião, o quão eficiente essa tecnologia será para o ensino?



Fonte: os autores

Discussão: os resultados finais foram satisfatórios, uma vez que os usuários tiveram facilidade na utilização do Módulo *Web*, conseguindo criar os canais rapidamente. Além disso, o projeto despertou o interesse da maior parte dos usuários. De acordo com a opinião da maioria dos “beta-testadores”, a plataforma se demonstrou eficiente. Em futuras versões pretende-se facilitar a forma como os objetos 3D, os marcadores e os links são selecionados, associados e configurados, tornando a experiência do usuário mais simples e direta.

6.2 Módulo Mobile

Com o intuito de observar a experiência do usuário, foram feitas as seguintes perguntas:

P1 - Você conseguiu visualizar o conteúdo do canal de teste que criou?

P2 - Se você teve dificuldade em visualizar o conteúdo do canal, poderia descrever aqui o que não conseguiu visualizar?

P3 - Você gostaria de continuar o teste, e aprender a criar uma cena de realidade aumentada, assim como esta que visualizou?

Foram ainda solicitadas algumas notas (de um até sete) para:

N1 - Facilidade para instalar o *app*

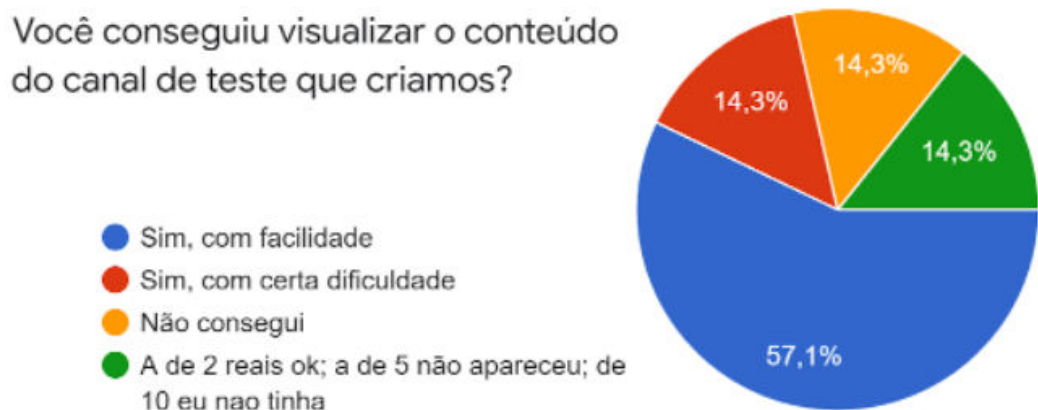
N2 - Facilidade para fazer o *login*

N3 - Facilidade para identificar a cédula e visualizar os modelos

N4 - Facilidade para utilizar o *app*

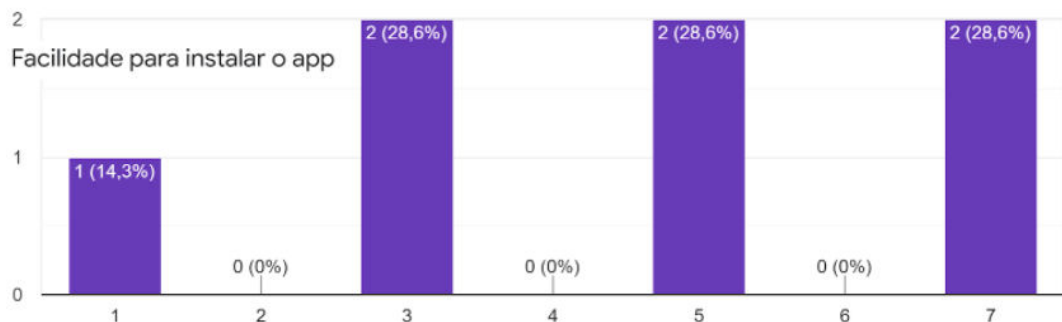
Do questionário obtiveram-se os seguintes resultados, demonstrados nas Figuras 19 a 23.

Figura 19 – Gráfico de resposta da visualização do conteúdo do canal.



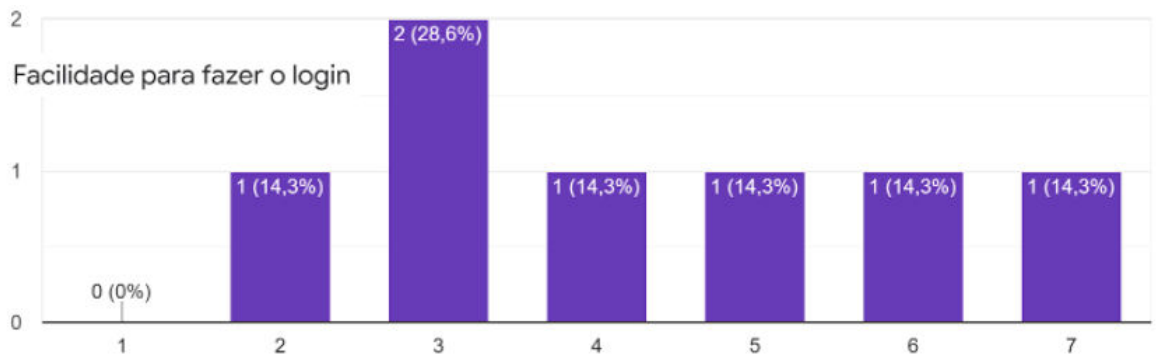
Fonte: os autores

Figura 20 – Gráfico de resposta da facilidade de instalação do aplicativo.



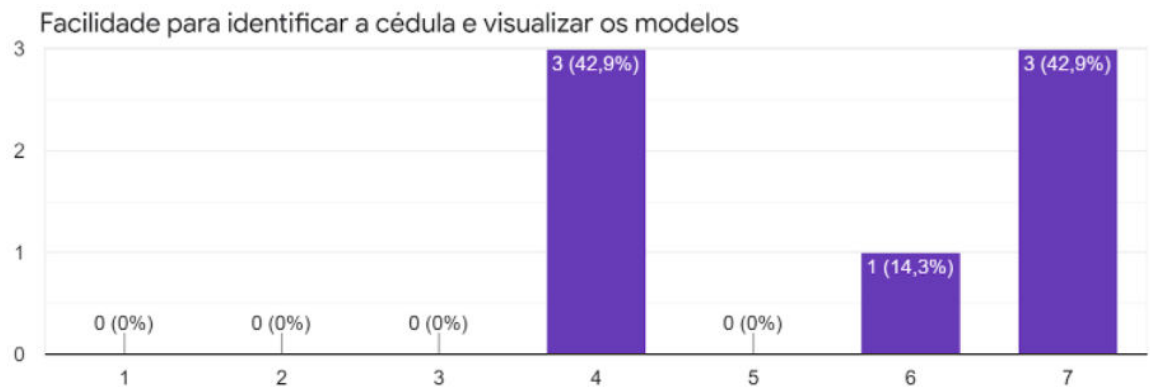
Fonte: os autores

Figura 21 – Gráfico de resposta da facilidade de *login*.



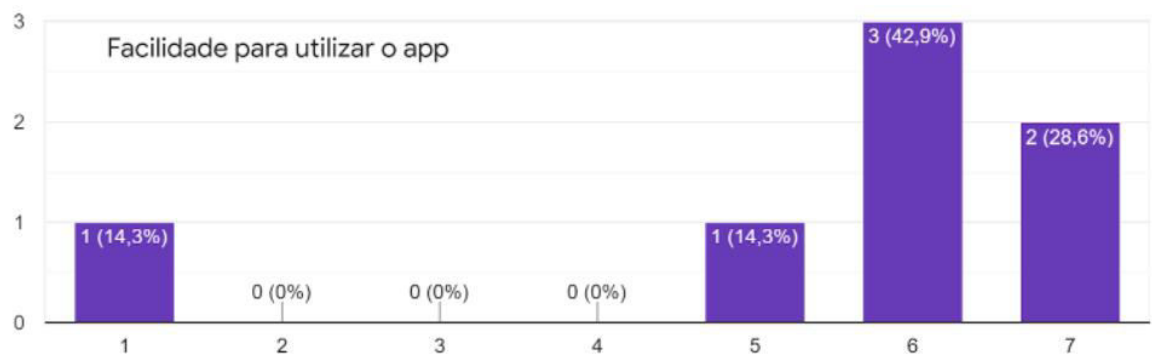
Fonte: os autores

Figura 22 – Gráfico de resposta da facilidade de identificação dos modelos exemplo.



Fonte: os autores

Figura 23 – Gráfico de resposta da facilidade de utilização do aplicativo.



Fonte: os autores

Discussão: os resultados finais foram razoavelmente satisfatórios. Uma vez que a opinião geral foi neutra na facilidade de instalação do aplicativo e na realização do *login*. Entretanto, os usuários tiveram facilidade na visualização dos modelos e também na utilização do aplicativo, sendo que apenas um usuário teve dificuldade. Em futuras versões pretende-se criar a possibilidade de armazenamento local, de forma que o *app* possa funcionar mesmo estando *offline*.

7 Conclusão

Neste artigo apresentamos o processo de concepção e design de uma plataforma aberta destinada a facilitar a criação e utilização de conteúdos de realidade aumentada na educação. A partir dessa concepção foi implementada e testada uma versão funcional da plataforma, cujos resultados foram satisfatórios.

Como próximos passos planejamos implementar melhorias na interface e na usabilidade, incluir novas funcionalidades e realizar um experimento em uma escola parceira, com participação de professores e alunos e com a colaboração de pesquisadores da área de educação. Após esse experimento pretende-se gerar uma versão para disponibilização gratuita a todos os interessados e a publicação do código aberto para que colaboradores interessados possam dar continuidade ao projeto.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao colega Tiago Cavinatto Rivero, que também participou do desenvolvimento do projeto apresentado neste artigo, mas não entrou como co-autor, devido ao limite de 4 autores estabelecido pela organização do P&D Design. Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia de Computação (PCS) da Escola Politécnica da USP e aos professores Paulo Cugnasca e João Baptista Camargo Jr pelo suporte dado ao projeto, aos voluntários que testaram a plataforma e aos colegas do Interlab USP. O autor Romero Tori agradece ao CNPq, pela bolsa de produtividade em tecnologia educacional (Processo 305007/2021-1), e aos colegas do Programa de Pós-graduação em Design da USP, pelas ricas discussões.

Referências

- ABDINEJAD, M.; TALAIE, B.; QORBANI, H. S.; DALILI, S. Student Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education. **Journal of Science Education and Technology**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 87–96, 2021.
- ABUTABENJEH, S.; JARADAT, R. Clarification of research design, research methods, and research methodology: A guide for public administration researchers and practitioners. **Teaching Public Administration**, v. 36, n. 3, p. 237-258, 2018.
- ALAM, M. A.; HASAN, M. M.; FAIYAZ, I. H.; BHUIYAN, A.; JOY, Sheakh Fahim A.; MUSHFIQ-UL ISLAM, S. Augmented reality education system in developing countries. **IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology**, [S. l.], v. 2019, n. 2, 2019.
- AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, 2001.
- CARDOSO, A.; KIRNER, C.; FRANGO, I.; TORI, R. O desafio de projetar recursos educacionais com uso de realidade virtual e aumentada. In: **Anais do VI Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação**. SBC, 2017.
- FIDAN, M.; TUNCEL, M. Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. **Computers and Education**, [S. l.], v. 142, 2019.
- HERPICH, F.; GUARESE, R. L. M.; TAROUÇO, L. M. R. A Comparative Analysis of Augmented Reality Frameworks Aimed at the Development of Educational Applications. **Creative Education**, [S. l.], v. 08, n. 09, p. 1433-1451, 2017.

HSIEH, C. Y.; CHEN, T. Effect of Pokémon GO on the cognitive performance and emotional intelligence of primary school students. **Journal of Educational Computing Research**, v. 57, n. 7, p. 1849-1874, 2019.

IBÁÑEZ, M.; DELGADO-KLOOS, C. Augmented reality for STEM learning: A systematic review. **Computers & Education**, v. 123, p. 109-123, 2018.

KLETTEMBERG, J. S. ; TORI, R. ; HUANCA, C. M . Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. **Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)**, v. 29, p. 827-845, 2021.

LEE, M. J. W.; GEORGIEVA, M.; ALEXANDER, B.; CRAIG, E.; RICHTER, J. **State of XR & Immersive Learning 2021 Outlook Report**. Immersive Learning Research Network, Walnut, 2021.

NIELSEN, Jakob. Estimating the number of subjects needed for a thinking aloud test. **International journal of human-computer studies**, v. 41, n. 3, p. 385-397, 1994.

SHARP, H.; ROGERS, Y.; PREECE, J. **Interaction Design: beyond human-computer interaction**. 5th ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2019.

SILVA, L. G. P.; RUFINO, H. L. P. Revisão sistemática sobre as vantagens e desafios no uso de realidade aumentada como ferramenta pedagógica no ensino médio. **Educação (UFSM)**, v. 46, n. 1, p. 38-1-31, 2021.

UNHELKAR, Bhuvan. **Software Engineering with UML**. Auerbach Publications, 2017.