

BODY GO: UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA PARA ENSINO DE ANATOMIA HUMANA

Marcella Coelho Brito Nunes, Dalton Solano dos Reis – Orientador

Curso de Bacharel em Ciência da Computação
Departamento de Sistemas e Computação
Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brasil

mcbnunes@furb.br, dalton@furb.br

Resumo: Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento e testes de um aplicativo que tem como objetivo auxiliar o ensino de anatomia humana. No jogo o aluno tem como objetivo responder as perguntas com as características de cada órgão. O aplicativo foi desenvolvido com o motor de jogos Unity. Para verificar a efetividade foram realizados testes com 12 alunos durante um evento de Games na cidade de Blumenau/SC. O aplicativo atingiu seu objetivo motivando os alunos a realizarem os exercícios de anatomia humana.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Anatomia Humana, Unity

não está no resumo.

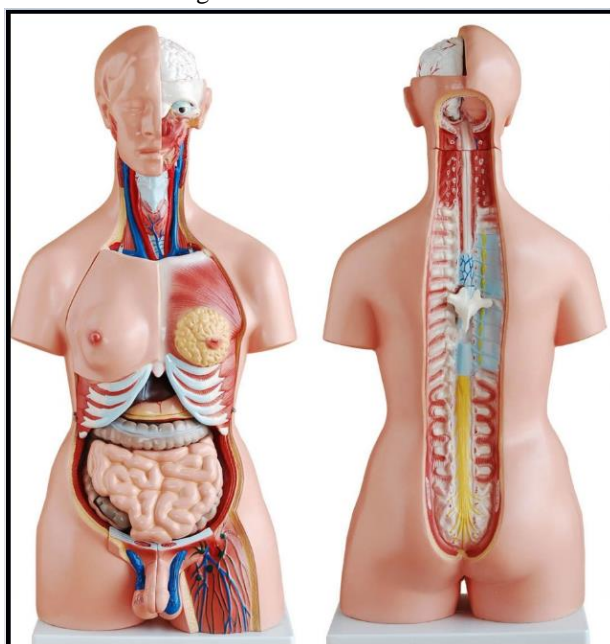
1. INTRODUÇÃO

Os métodos tradicionais de ensino estão passando por mudanças com o advento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Os recursos digitais podem auxiliar de várias maneiras o processo de ensino e aprendizagem. Dentre as TICs, a Realidade Aumentada vem mostrando-se promissora, tendo um grande potencial de utilização no âmbito educacional (Lopes *et.al.*, 2019).

A Realidade Aumentada complementa o mundo real com componentes virtuais proporcionando aos alunos um alto nível de interatividade, com isso promove maior engajamento pois permite experiências dentro e fora da sala de aula (Lopes *et. al.*, 2019). Pelo seu potencial de interatividade e potencial para facilitar o processo de aprendizagem, esta tecnologia vem sendo usada como ferramenta por professores da área da saúde para o ensino de anatomia humana (Lopes *et. al.*, 2019).

A anatomia humana estuda as estruturas do corpo. Ela é inserida aos alunos inicialmente pelo estudo do corpo humano nas escolas, onde nas aulas de Ciências, logo no Ensino Fundamental, é lecionado sobre as principais funções dos órgãos de acordo com as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Xavier *et al.*, 2020). Já na graduação da área da saúde ela é estudada mais a fundo pelos estudantes com a finalidade de conhecer as estruturas anatômicas de cada órgão. Nela aprende-se sobre a forma e localização dos órgãos do corpo humano e faz a relação com suas funções (Costa;Lins, 2012). A Figura 1 mostra o exemplo de um boneco que é utilizado em grande parte dos laboratórios de anatomia humana e nas escolas para o ensino dos órgãos do corpo humano.

Figura 1 - Torso Humano



Fonte: Roster Equipamentos Laboratoriais (2024).

A Realidade Aumentada possibilita a visualização de cada órgão e sua localização nos organismos sem a necessidade de cortes físicos, se apresentando como uma grande aliada no estudo teórico da anatomia. O uso de realidade aumentada em aplicativos é inovador, ao criar interesse nas gerações mais jovens, acostumadas com uso constante da tecnologia no cotidiano, já que tradicionalmente o conteúdo de anatomia humana é ensinada em formato 2D, através de livros e na prática laboratorial. Além disso, a experiência 3D oferece a possibilidade de acesso ao aplicativo de qualquer lugar e com isso se torna um método de aprendizado mais acessível a alunos de camadas sociais menos abastadas, proporcionando a democratização da educação com um ensino dinâmico e envolvente (Abdullah; Rokmain, 2023).

Diante do exposto, justifica-se o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem formas mais interativas de conhecimento, no qual os alunos possam utilizar metodologias ativas de aprendizado e possam construir o conhecimento de uma maneira mais dinâmica. Com isso, esse trabalho desenvolveu de um aplicativo de Realidade Aumentada para o ensino de anatomia humana nas escolas, mostrando as funcionalidades de cada órgão. O objetivo deste trabalho é disponibilizar um aplicativo de Realidade Aumentada para o ensino de anatomia humana nas escolas. Os objetivos específicos são: criar objetos 3D dos órgãos humanos; interagir com o usuário através de um jogo; mostrar as funções de cada órgão selecionado; disponibilizar um método funcional e tecnológico para auxiliar o ensino-aprendizagem.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são levantados brevemente os temas que fundamentam o trabalho ~~a ser~~ realizado. A subseção 2.1 aborda os principais conceitos de Realidade Aumentada. Já a subseção 2.2 aborda um pouco sobre o conceito e ensino de Anatomia Humana.

2.1 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que insere conteúdo virtual no mundo real, criando uma experiência híbrida e imersiva (CNN Brasil, 2023). Ela utiliza câmeras e sensores para captar imagens do ambiente real e sobrepor elementos digitais, ampliando o que se vê em dispositivos como smartphones e tablets (CNN Brasil, 2023). É uma tecnologia que suplementa o mundo real com objetos virtuais, gerados por computadores, no qual parece coexistir no mesmo espaço que o mundo real (Azuma *et al.*, 2001). Nesse contexto, a RA proporciona um ensino imersivo, pois proporciona visualizar modelos virtuais em 3D, tornando-se uma opção dinâmica.

Segundo Xavier *et al.* (2020) há duas abordagens de desenvolvimento, com marcador e sem marcador. A utilização do marcador serve para garantir e controlar o aparecimento dos objetos, visto que é um objeto físico que é reconhecido pela câmera (Xavier *et al.*, 2020). Os marcadores são utilizados na etapa do registro, ou seja, quando as informações do mundo real e da câmera são alinhadas com os dados virtuais geradores pelo computador e exibidos de maneira coerente (Roberto *et al.*, 2011). Já as aplicações sem marcadores não requerem a inserção de elementos artificiais no ambiente, utilizando informações presentes nas cenas (Simões *et al.*, 2008).

O relacionamento da área da computação com a área da saúde vem trazendo grandes avanços no campo da Realidade Aumentada (RA). Dentre as vantagens dos aplicativos de RA para o aprendizado na área da saúde, temos o realismo dos objetos tridimensionais, a correlação espacial entre objetos físicos e virtuais, o realismo da interação, a ergonomia dos dispositivos e a precisão dos algoritmos (Tori; Hounssel, 2020). As aplicações trazem benefícios para as duas áreas, além da possibilidade de diminuição de custos com aquisição de materiais físicos e apoio a construção de ambientes virtuais (Tori; Hounssel, 2020). Com isso, por meio da RA é possível estudar os detalhes do corpo humano e treinar procedimentos de modo repetitivo e com maior precisão. Uma área de estudo que pode se beneficiar com a RA é a anatomia humana, onde pode ser avaliado os detalhes das peças anatômicas. Como por exemplo, no aplicativo 4D Anatomy (Figura 2) que utiliza RA e outras tecnologias para o ensino e uso na prática médica.

Figura 2 - Exemplo do aplicativo 4D Anatomy



Fonte: 4D Anatomy (2024).

2.2 ENSINO DE ANATOMIA HUMANA

A aplicabilidade da Realidade Aumentada na área da saúde envolve uma série de possibilidades de pesquisa e desenvolvimento. Uma delas é o estudo de anatomia humana. A anatomia humana é o estudo das estruturas do corpo, tanto externas quanto internas e da relação física entre elas (Martini *et al.*, 2019). Ela pode ser dividida em duas grandes partes que é a microscópica, que estuda estruturas que não podem ser visualizadas a olho nu, como células e tecidos. A anatomia macroscópica considera todas as estruturas visíveis a olho nu, como esqueleto e órgãos (Martini *et al.*, 2009).

A anatomia humana possui seu próprio campo intelectual de texto, práticas, regras de entrada e exame protegidas por hierarquias fortes. O processo de ensino-aprendizagem dessa disciplina é complexo devido a grande quantidade de considerações e estruturas a serem estudadas pelos acadêmicos (Filho *et al.*, 2011). Durante o processo do ensino, são diversas visualizações de uma mesma estrutura, aprofundando assim, os microsistemas e macrosistemas e as interconexões das estruturas orgânicas corporais (Filho *et al.*, 2011).

Nas aulas expositivas há a dificuldade no acesso aos livros e atlas devido ao alto custo. Já para o ensino prático, um grande problema é a escassez de cadáveres, devido a burocracia relacionada a sua obtenção (Filho *et al.*, 2011). Diante desse desafio o professor precisa atuar com didáticas inovadoras para disseminar o conhecimento e estudo entre os alunos. As metodologias ativas de aprendizado têm sido utilizadas, através da inserção de tecnologias como aplicativos e jogos. Estas tecnologias estimulam o senso crítico dos alunos, tornando-os protagonistas no processo de aprendizado, otimizando a construção do conhecimento (Pinheiro *et al.*, 2021).

2.3 ENSINO DE CIÊNCIAS E ANATOMIA HUMANA NAS ESCOLAS

O ensino de Ciências faz parte do programa pedagógico vigente no Brasil pela Lei de Diretrizes e Bases e foi implantado nas séries do ensino fundamental em 1961 (Brasil, 2018). É de fundamental importância para o processo de aprendizagem dos alunos permitir que eles vivenciem o que se é tido como conhecimento científico através de observações, é o que estabelece os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2018). Para melhor formação dos alunos, há a necessidade de aplicações práticas de ensino para que eles possam desenvolver uma aprendizagem ativa.

A Base Nacional Comum Curricular define as habilidades que os estudantes devem desenvolver durante seu processo educacional. No que se refere ao componente de Ciências da Natureza, essas habilidades incluem compreender, valorizar e cuidar de si mesmos, de seu corpo e de sua saúde. Para isso, são abordados temas como a estrutura celular, os órgãos e sistemas do corpo humano, o funcionamento dos organismos e conceitos de neurociência (Brasil, 2018).

Na aula prática (Figura 3), os alunos manuseiam objetos e instrumentos construindo o conhecimento através da sua participação ativa, possibilitando colocar a teoria em execução. Desta forma, para o ensino de ciências e anatomia humana, métodos ativos como jogos, modelos sintéticos, aulas de campo, despertam interesse dos estudantes pela disciplina e facilita a construção do conhecimento, mostrando-se uma forma dinâmica e lúdica e apresentando-se como uma maneira bem-sucedida no ensino do corpo humano (Xavier *et al.*, 2020).

Figura 3 - Exemplo de aula prática do corpo humano nas escolas



Fonte: Colégio Prudente de Moraes (2024).

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta subseção são apresentados três trabalhos que possuem temas semelhantes ao proposto neste projeto. O Quadro 1 apresenta o desenvolvimento de um aplicativo para ensino de anatomia humana onde os alunos têm a possibilidade de visualização 3D de seis órgãos (Abdullah; Rokmain, 2023). Já o Quadro 2 mostra uma proposta de ensino dos ossos do esqueleto de uma maneira 3D, onde envolve Realidade Aumentada (Hossain *et al.*, 2021). No Quadro 3 se apresenta o aplicativo VIRTUAL-TEE (Curiscope, 2016) que utiliza a técnica de marcadores através de uma camisa para proporcionar o ensino de anatomia humana.

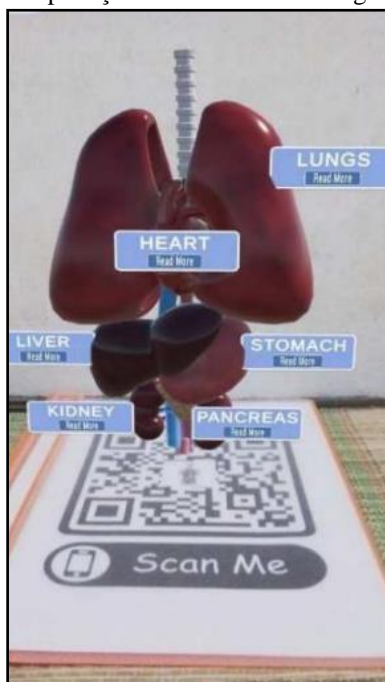
Quadro 1 -Trabalho Correlato 1

Referência	Abdullah e Rokmain (2023)
Objetivos	Desenvolver um aplicativo para ensino de anatomia humana para estudantes da área da saúde.
Principais funcionalidades	Consegue visualizar os órgãos como pulmão, coração, fígado, estômago, rins e pâncreas 3D.
Ferramentas de desenvolvimento	Vuforia e Unity.
Resultados e conclusões	Atendeu as funções, porém o escopo de órgãos pode ser melhorado e a interação com o usuário também, adicionando vídeos e animações.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 4 tem-se uma tela que exemplifica a aplicação. Nela se consegue visualizar os órgãos como pulmão, coração, fígado, estômago, rins e pâncreas em 3D e seus respectivos quadros com os nomes e funções.

Figura 4 – Aplicação demonstrando os órgãos em RA



Fonte: Abdullah e Rokmain. (2023).

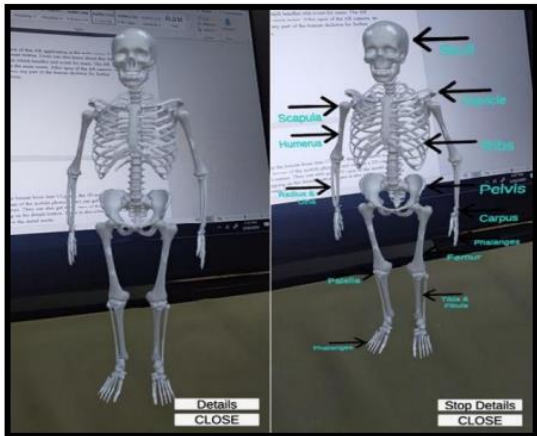
Quadro 2 - Trabalho Correlato 2

Referência	Hossain <i>et al.</i> (2021)
Objetivos	Desenvolver um aplicativo para estudantes de um país subdesenvolvido aprenderem anatomia humana, mais especificamente o esqueleto.
Principais funcionalidades	Apresenta um menu inicial com ossos, permitindo explorar o esqueleto completo ou selecionar parte dele.
Ferramentas de desenvolvimento	Unity e Blender.
Resultados e conclusões	Atendeu a proposta de funcionalidade e auxílio no estudo de anatomia. Apresentou como limitação ruído no áudio e um tamanho maior da representação do modelo virtual do que o esperado.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 5 tem-se uma tela que exemplifica a aplicação. Nela se consegue visualizar os ossos com seus respectivos nomes.

Figura 5 – Aplicação demonstrando o esqueleto em RA



Fonte: Hossain *et al.* (2021).

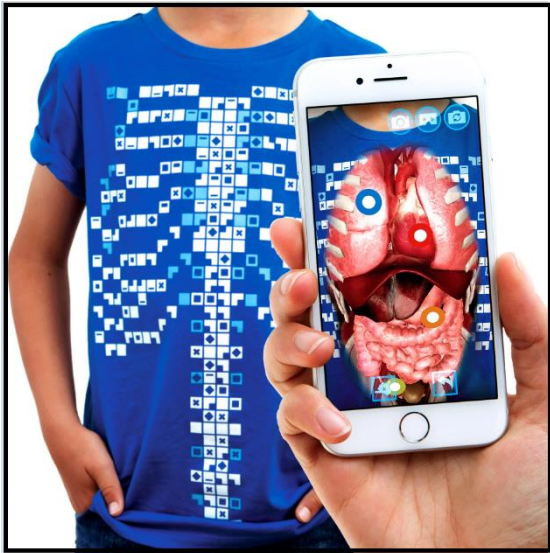
Quadro 3 - Trabalho Correlato 3

Referência	Curiscope (2016)
Objetivos	Permitir aos usuários observar uma representação 3D do corpo humano.
Principais funcionalidades	Através de uma camisa é possível exibir sistemas como respiratório, circulatório, esquelético, digestivo e urinário.
Ferramentas de desenvolvimento	Não mencionado.
Resultados e conclusões	Atendeu ao objetivo oferecendo uma abordagem diferente para o estudo do corpo humano. Como limitação a camisa estava fora de estoque na última atualização da pesquisa.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 6 tem-se a demonstração do aplicativo, com a câmera apontada para a camisa, no qual se consegue ver virtualmente a estrutura interna do corpo humano.

Figura 6 – Aplicação usando a camiseta como marcador de RA



Fonte: Curiscope (2016).

3. DESCRIÇÃO DO APLICATIVO

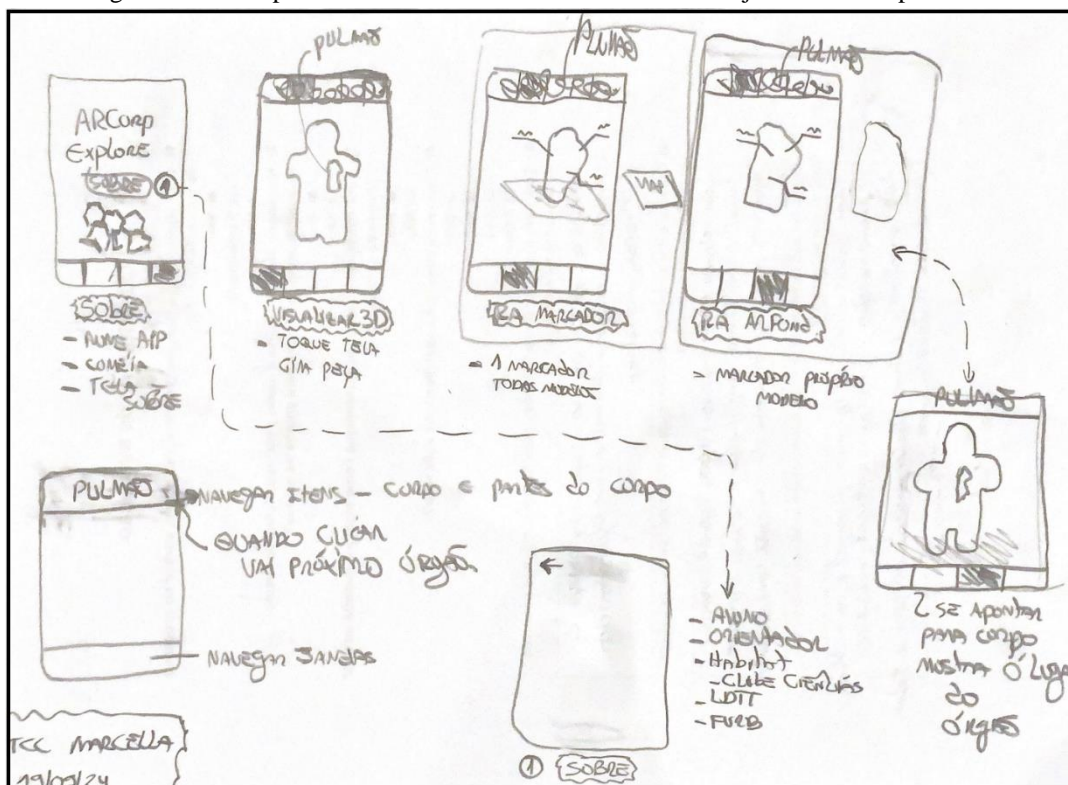
Nesta seção serão apresentados detalhes de implementação do aplicativo, bem como a descrição do funcionamento da arquitetura. Na subseção 3.1 são apresentadas as especificações. Já na subseção 3.2 são abordados detalhes de implementação e funcionalidades do projeto.

tive dificuldades em identificar a descrição do funcionamento da arquitetura

3.1 ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PROTÓTIPO INICIAL COM O ESPECIALISTA

O desenvolvimento do aplicativo teve o auxílio da professora Tomio (2024) que atua na área de Ensino de Ciências e Biologia. Para iniciar o desenvolvimento do aplicativo foi realizada uma reunião com a professora no dia 19 de setembro de 2024 e elaborado um protótipo das interfaces desenhadas manualmente (Figura 7) e validadas pela professora. No protótipo inicial foi pensado em uma tela de Menu com o nome do aplicativo, os botões para acessar as funções e a logo da universidade. Na segunda tela a proposta é visualizar o órgão ancorado no corpo humano. Na terceira tela, a proposta é utilizar a imagem do órgão como marcador para dar as funcionalidades de cada órgão. A quarta tela seria a tela com a câmera de Realidade Aumentada ativada, a qual mostra a imagem 3D do órgão quando apontar o marcador para a câmera.

Figura 7 - Protótipo de telas das interfaces elaboradas em conjunto com a especialista



Fonte: Elaborado pela autora.

Inicialmente pensou-se no aplicativo para o uso no ensino superior, porém em conversa com a especialista Tomio (2024), ela pontuou que seria interessante desenvolver o aplicativo para iniciantes, que pudesse ser utilizado para um público que está começando o estudo do corpo humano. Ela referiu que uma boa estratégia seria levar o mesmo para as escolas, onde os professores desenvolvem o ensino do corpo humano levando o boneco anatômico. Com isso, segundo ela, seria interessante ter um aplicativo que pudesse auxiliar e envolver os alunos em um tipo de aprendizado dinâmico e lúdico.

3.2 ESPECIFICAÇÃO

Esta subseção apresenta a especificação do aplicativo. Primeiramente são apresentados dois quadros. No Quadro 4 constam os Requisitos Funcionais (RFs) e no Quadro 5 constam os Requisitos Não Funcionais (RNFs).

Quadro 4 - Requisitos Funcionais

RF01: permitir que o usuário possa visualizar os órgãos no formato 3D.
RF02: permitir que o usuário obtenha informações das funções de cada órgão.
RF03: mostrar a imagem de cada órgão ao clicar no botão.
RF04: permitir que o usuário possa utilizar a câmera de realidade aumentada.
RF05: permitir que o usuário responda as perguntas apontando a câmera para as cartas do jogo.
RF06: mostrar a pontuação e o tempo obtido pelo usuário.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 5 - Requisitos Não Funcionais

RNF01: utilizar o motor de jogos Unity.
RNF02: utilizar a linguagem de programação C# para implementar a aplicação.
RNF03: o aplicativo deve ser disponibilizado para plataforma Android.
RNF04: utilizar a plataforma Vuforia para criar o banco de dados das imagens.
RNF05: utilizar a plataforma Canva para criar os modelos da interface.

Fonte: Elaborado pela autora.

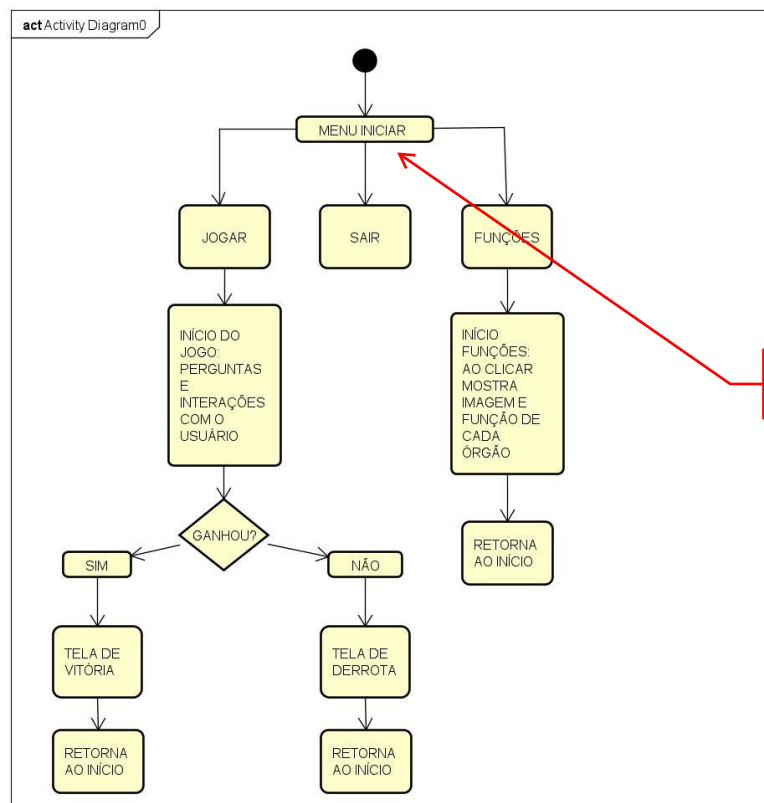
então foi definido um tempo limite?

impessoal

A seguir na Figura 8, temos o diagrama detalhando o funcionamento do jogo que foi elaborada no software Astah UML. A aplicação inicia com uma tela de Menu que tem três botões. O botão jogar aciona a câmera de realidade aumentada e inicia o jogo de perguntas. O jogo faz a pergunta e o usuário precisa apontar para o marcador. Se ele acertar a resposta, o objeto 3D aparece na tela. Caso ele não acerte, o jogo não dá continuidade e o tempo vai decrescendo. Caso o usuário acerte todas as perguntas, ele é direcionado para a tela de fim de jogo com a mensagem de vitória. Caso o usuário não acerte as perguntas e o tempo finalize, ele é direcionado para a tela de fim de jogo com a mensagem da derrota. Após aparecer a mensagem de fim de jogo retorna automaticamente para o menu inicial. Na tela funções o usuário tem botões que mostram a imagem e a funcionalidade de cada órgão.

Figura 8 - Exemplo da aplicação

seria um diagrama de atividades?



com 3 opções? Decisão são 2...

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO

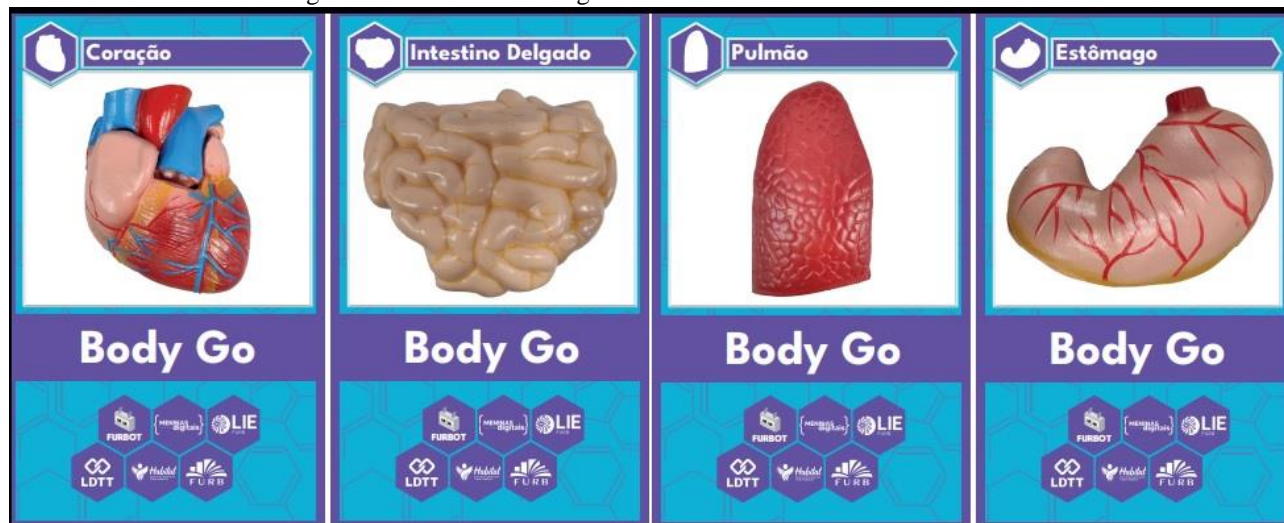
Nesta subseção será detalhada a implementação do aplicativo. Na subseção 3.2.1 são descritas as principais ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo. Na subseção 3.2.2 são descritas as principais partes da implementação.

3.3.1 Ferramentas

Para a implementação do aplicativo foi utilizado o motor de jogos Unity na versão 2022.3.42f1 em conjunto com o Vuforia na versão 10.7. Foi criada uma base de imagens dos órgãos no Vuforia para serem utilizadas como marcadores. Os marcadores utilizaram a imagem dos órgãos captadas para 3D, porém utilizou-se as imagens em 2D para confeccionar

as cartas dos marcadores (Figura 9). Para a implementação dos códigos-fonte foi utilizado o Visual Studio Code versão 18.18.2 que é integrado ao Unity.

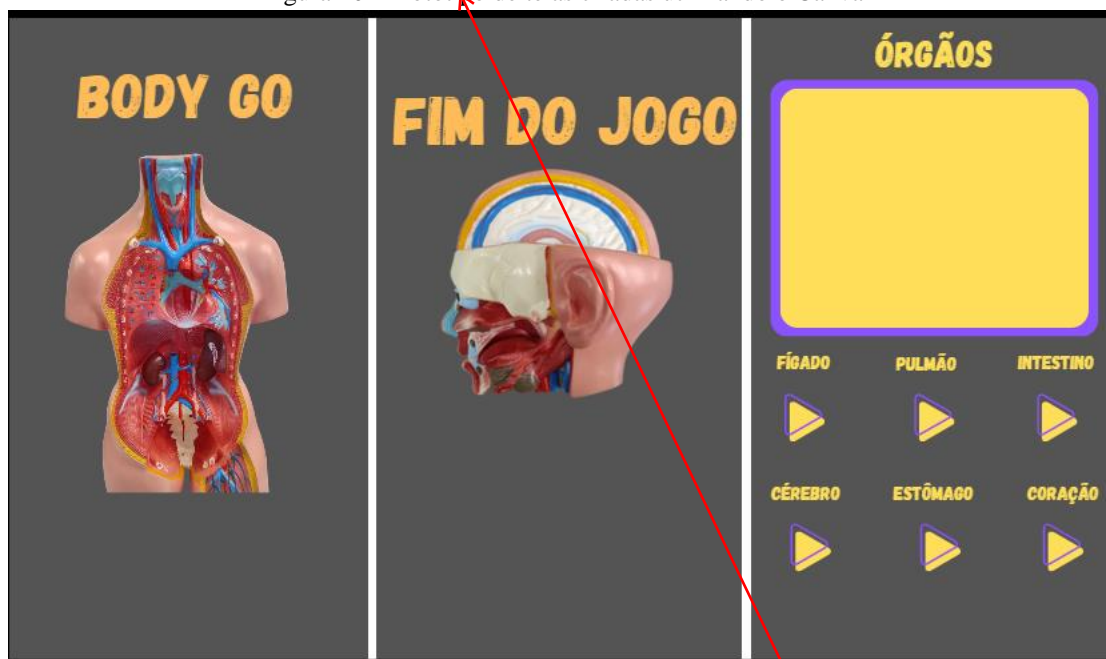
Figura 9 - Modelo 2D de algumas cartas utilizadas como marcadores



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a criação da interface, foi utilizada a plataforma Canva (2024). Esta é uma plataforma online de *design* gráfico que possibilita criar muitos tipos de materiais visuais. Nela foram criadas as telas principais do aplicativo conforme é mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Protótipo de telas criadas utilizando o Canva



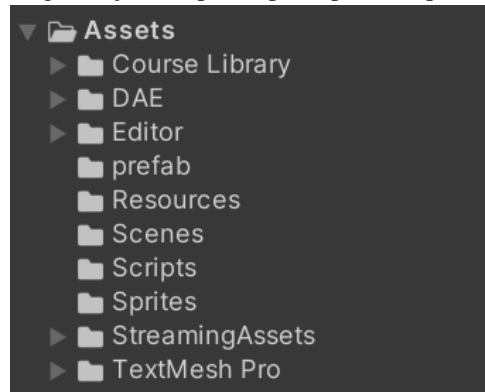
Fonte: Elaborado pela autora.

explicar melhor a figura, não entendi...

3.3.2 Desenvolvimento

O aplicativo foi desenvolvido separando-se os arquivos por pastas. Foram criadas pastas chave para armazenamento das informações. Na pasta *DAE* foram adicionados os objetos 3D capturados em laboratório. Na pasta *prefab* foram colocados os objetos 3D associados a uma imagem. Na pasta *scenes* estão as telas do aplicativo. Na pasta *scripts* estão os códigos-fonte. Na pasta *sprites* estão as imagens utilizadas na interface gráfica. A estrutura de organização das pastas pode ser observada na Figura 11.

Figura 11 - Organização das pastas principais do aplicativo no Unity



Fonte: Elaborado pela autora.

Primeiramente foi realizado a configuração inicial do jogo, definido as telas principais e as funções de cada uma. Foram definidas 4 cenas principais. A primeira cena é a de Menu, onde inicia-se o aplicativo e mostra as opções de interação. A segunda cena é a de Jogo, onde é aberta a câmera e realizado perguntas ao usuário para que ele possa interagir com o aplicativo e jogar. A terceira cena é a de fim de jogo, onde mostra o resultado final do jogo, a pontuação atingida pelo jogador e retorna ao menu inicial. E a quarta cena é a de funções onde são apresentadas as imagens e funcionalidades de cada órgão. Os *scripts* foram implementados na linguagem de programação C# com classes referentes a cada cena. As classes criadas são: GameManager, ImageTarget, Modelo3DManager, SceneGameOverManager e SceneMenuManager.

qual tempo? Qual critério utilizado para a definição?

A tela Jogo é controlada pela classe GameManager e abre uma câmera onde o usuário precisa responder a perguntas (Quadro 6) apontando a câmera para a imagem do órgão. Caso o usuário acerte, ele consegue visualizar o modelo 3D do órgão em Realidade Aumentada e recebe uma pontuação que será somada no seu Score. Ele tem um tempo para responder todas as perguntas. As perguntas são sorteadas aleatoriamente pelo sistema. Caso o usuário acerte a pergunta, ele ganha um acréscimo de 10 segundos no tempo.

Quadro 6 - Perguntas utilizadas na tela Jogo

1	Responsável pela formação e eliminação das fezes?
2	Realiza a troca gasosa do corpo?
3	Bombeia o sangue para o corpo e faz parte do sistema circulatório?
4	Realiza a digestão e absorção de alimentos e água?
5	Maior glândula do corpo e produz a bile?
6	Produz o suco gástrico e inicia a digestão de proteínas?
7	Responsável pelo pensamento, memória e executa as atividades motoras?

Fonte: Elaborado pela autora.

A classe GameManager é responsável pela interação na cena Jogo e possui dois métodos principais. O método StartGame na linha 1, inicia o jogo, zera a pontuação, define um tempo inicial e muda o *status* para Play. A partir desse momento ele invoca o método ShowQuestion na linha 11 que é o que vai mostrar as perguntas. Esse método sorteia perguntas aleatórias, verifica se a pergunta não foi feita, exibe a pergunta e o alvo da imagem e aumenta o tempo cada vez que uma nova pergunta é exibida. Esse método pode ser observado na Figura 12.

avaliar colocar a referência 10. e depois para "as linhas" onde explica o código...

Figura 12 - Método que mostra as perguntas no jogo

```

1 private void StartGame()
2 {
3     score = 0;
4     timer = 50f;
5     statusGame = "Play";
6     qtdeQuestions = questions.Count;
7     coroutine = WaitTimer();
8     StartCoroutine(coroutine);
9     ShowQuestion();
10 }
11 public void ShowQuestion()
12 {
13     if (askedQuestions.Count < qtdeQuestions)
14     {
15         do
16         {
17             currentQuestionIndex = UnityEngine.Random.Range(0, qtdeQuestions);
18         }
19         while (askedQuestions.Contains(currentQuestionIndex));
20
21         askedQuestions.Add(currentQuestionIndex);
22
23         questionText.text = questions[currentQuestionIndex];
24         Instantiate(imageTargets[currentQuestionIndex]);
25
26         timer += 10f;
27     }
28     else
29     {
30         statusGame = "Win";
31         SceneManager.LoadScene(2);
32     }
33 }
34

```

Fonte: Elaborado pela autora.

A classe `Modelo3DManager` é responsável pela interação na cena `Funções`, onde são mostrados a imagem e descrição de cada órgão ao clicar no botão. O método `ShowSpriteAndDescription` na linha 1, encontra a imagem e a sua descrição em uma lista chamada `spriteDescricoes`, exibindo na tela a imagem do órgão selecionado com sua respectiva descrição. Esse método pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 - Método que mostra as perguntas no jogo

```

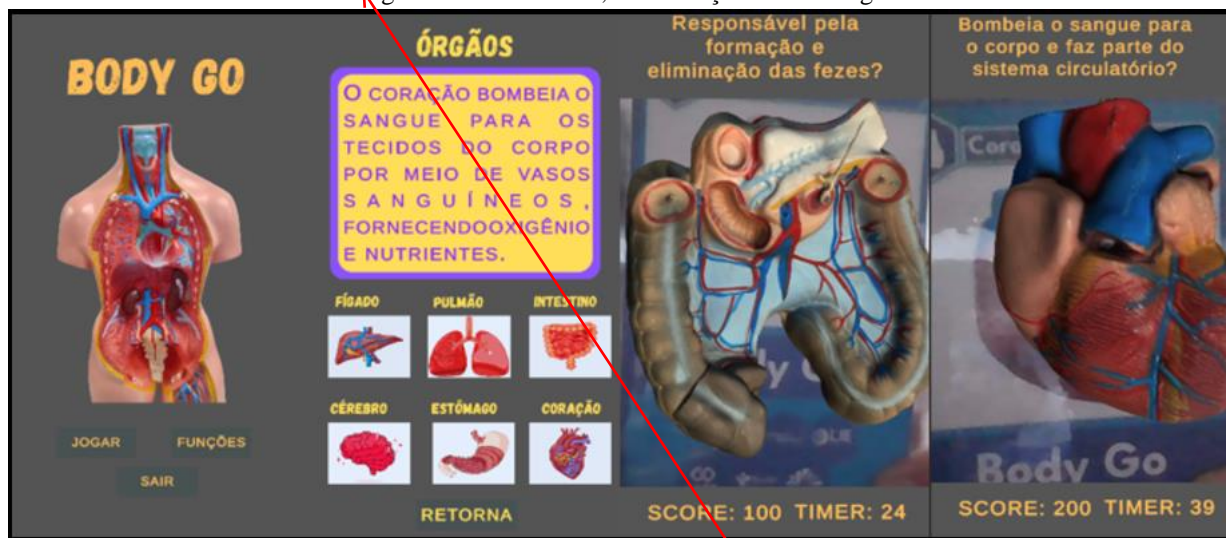
1 public void ShowSpriteAndDescription(string nomeSprite)
2 {
3     for (int i = 0; i < spriteDescricoes.Count; i++)
4     {
5         if (spriteDescricoes[i].nomeSprite == nomeSprite)
6         {
7             currentIndex = i;
8             spriteDisplay.sprite = spriteDescricoes[i].sprite;
9             descricaoText.text = spriteDescricoes[i].descricao;
10            return;
11        }
12    }
13
14    // Caso não encontre, limpar o display
15    spriteDisplay.sprite = null;
16    descricaoText.text = "Sprite não encontrado!";
17 }
18

```

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 14 pode-se observar as imagens das telas implementadas no aplicativo. Primeiramente a cena `Menu` que é a tela inicial e tem os botões que acessam as demais funções. Logo após observa-se a cena `Funções` onde os usuários podem obter informações sobre cada órgão e associar a sua imagem. Por fim, pode-se observar dois exemplos de perguntas geradas na câmera de Realidade Aumentada com os respectivos órgãos reconhecidos.

Figura 14 - Tela Menu, Tela Funções e Tela Jogo



Fonte: Elaborado pelo autor.

avaleie identificar "cada" tela... e explicar...

4. RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os testes de funcionalidades, testes com o especialista, testes com os alunos de escolas e a comparação com os correlatos.

4.1 TESTES DE FUNCIONALIDADES

Com o intuito de testar as funcionalidades do aplicativo, a autora gerou um arquivo com o aplicativo e realizou os testes na plataforma Android. Não foram testados no dispositivo iOS devido à falta dos equipamentos necessários para realizá-los. Os testes consistiam em avaliar se as funcionalidades estavam respondendo de maneira correta, verificar se houve algum erro de execução, avaliar a usabilidade da interface, verificar se a câmera estava funcionando corretamente e se conseguiu ler os marcadores de maneira satisfatória. Para testar o aplicativo foi gerado um APK no Unity e colocado primeiramente em um celular de teste. Os testes iniciais de funcionalidade foram realizados no dispositivo Xiaomi 8Mi Lite. Foi adicionado o aplicativo no celular. Ao abrir o aplicativo ele mostrou a tela de Menu e ao clicar nos botões todas as funções foram exibidas com sucesso. Ao clicar em Jogar, a câmera reconheceu os marcadores e apresentou os objetos 3D. A função de Score foi computada e ao final do jogo apresentou a tela de Game Over corretamente. Ao clicar no botão funções, apresentou as respectivas imagens e funções de cada órgão. Com isso, após os primeiros testes, as funções atenderam às expectativas, porém foi necessário fazer alguns ajustes na interface relacionado ao posicionamento de botões e leitura de marcadores.

parágrafo longo, avaleie reorganizar em menores...

4.2 TESTES COM ALUNOS

Visando validar a efetividade do uso do jogo como uma ferramenta para apoiar o estudo de anatomia humana, foram elaborados testes com 12 alunos da comunidade de Blumenau/SC com a faixa etária de 17 a 26 anos no dia 24 de novembro de 2024. Os testes ocorreram durante um evento de Games chamado Unifique desenvolvido pelo Laboratório de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (LDTT) da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB) em conjunto com a empresa Unifique. Foi utilizado o tablet do LDTT para os alunos realizarem os testes. O roteiro utilizado para os testes pode ser observado no Quadro 7.

aqui descobri como se joga...

Quadro 7 - Roteiro de Testes

Sequência	Teste
1	Acessar o aplicativo.
2	Clicar no botão Funções e navegar pela tela de funções.
3	Clicar no ícone de cada órgão e obter informações e imagem do órgão. Retornar ao menu inicial.
4	Clicar no botão Jogar e iniciar o Quis com as perguntas.
5	Interagir no jogo respondendo as perguntas apontando a câmera ao marcador solicitado.
6	Finalizar o jogo e retornar ao menu inicial.

Fonte: elaborado pela autora

Ao realizar os testes, os alunos conseguiram completar toda a sequência dos testes sem dificuldades. Alguns alunos apresentaram dificuldade na compreensão das respostas, visto que clicaram inicialmente no menu Jogar antes de obter as informações de cada órgão no menu Funções, com isso, 33,3% precisaram de ajuda na resolução das respostas.

Para se obter uma avaliação do aplicativo foi aplicado um questionário na plataforma Google Forms com os alunos. O Quadro 8 apresenta o questionário realizado sobre a usabilidade do aplicativo.

Quadro 8 - Questionário sobre a usabilidade do aplicativo

Sequência	Pergunta
1	Qual a sua idade?
2	Já teve contato com a Realidade Aumentada?
2	Você já estudou o corpo humano na escola?
3	Você conseguiu entender como usar o aplicativo?
4	Você precisou de ajuda para usar o aplicativo?
4	Você conseguiu finalizar o jogo?
5	Como você avaliaria sua experiência com o jogo em geral?
7	O aplicativo apresentou algum erro ou lentidão?
8	Você achou fácil de navegar pelo aplicativo?
9	Você possui algum comentário geral, crítica ou sugestão do jogo Body Go?

Fonte: elaborado pela autora.

não entendi de qual pergunta você estraiu isso!

Segundo as respostas obtidas no questionário, 66,7% dos alunos conhecem Realidade Aumentada e 33,3% conhecem, mas nunca utilizaram. Todos os alunos já estudaram o corpo humano nas escolas. Todos entenderam como utilizar o aplicativo, porém 33,3% precisaram de ajuda na resolução das respostas do aplicativo. Ao pontuar com notas de 1 a 5 a experiência, 41,7% pontuaram com nota 5 e 58,3% pontuaram com nota 4. Ao questionar se o aplicativo apresentou algum erro ou lentidão, 83,3% mencionaram que não apresentou. Todos os alunos acharam fácil de navegar pelo aplicativo. Por fim os alunos deram alguns *feedbacks* tanto de elogios como de pontos de melhoria. O alunoA comentou que “Achei muito útil. Ótimo para o aprender mais sobre como o corpo humano funciona”. O alunoB comentou que “precisa de um tempo maior na transição entre as perguntas, pra conseguir avaliar melhor o modelo de realidade aumentada”. Por fim, o alunoC comentou que “sentiu falta de um retorno quando acertar ou errar as questões, como um símbolo de erro ou acerto”.

4.3 COMPARAÇÃO COM OS CORRELATOS

O Quadro 9 apresenta um comparativo do presente trabalho com os correlatos. Consegue-se perceber que os três correlatos apresentados são ferramentas para fins educacionais. O trabalho de Abdullah e Rokmain (2023) é utilizado para estudo 3D das funcionalidades de cada órgão. Já o trabalho de Hossain *et al.* (2021) tem como foco o estudo do esqueleto humano. E o trabalho da Curiscope (2016) apresenta uma maneira lúdica de estudar os órgãos humanos utilizando uma camisa como marcador. Os trabalhos de Abdullah e Rokmain (2023) e Hossain *et al.* (2021) estão disponíveis para Android. Já o trabalho de Curiscope (2016) está disponível para Android e iOS. O aplicativo Body Go foi testado em Android. Os três trabalhos são importantes por possuírem elementos de Realidade Aumentada para estudo de anatomia humana.

Quadro 9 - Comparativo com os correlatos

	Abdullah e Rokmain (2023)	Hossain <i>et al.</i> (2021)	Curiscope (2016)	Body Go
Educacional	Sim	Sim	Sim	Sim
Utiliza Marcadores	Sim	Sim	Sim	Sim
Plataformas	Android	Android	Android e iOS	Android
Ferramentas de desenvolvimento	Vuforia e Unity	Unity e Blender	Não mencionado	Vuforia e Unity
Conteúdo abordado	Órgãos corpo humano	Esqueleto humano	Órgãos corpo humano	Órgãos corpo humano

Fonte: elaborado pela autora.

Diante do exposto, o aplicativo desenvolvido torna-se relevante por ser uma alternativa ao aprendizado de anatomia humana. O aplicativo desenvolvido ajuda o aluno a manter-se motivado na compreensão dos conteúdos, pois proporciona um ambiente lúdico e dinâmico para o aprendizado.

esperava mais comentários sobre o seu trabalho... também, alguma avaliação envolvendo a especialista Tomio (2024)...

5. CONCLUSÕES

O trabalho atingiu seus objetivos, visto que criou um aplicativo de Realidade Aumentada para o ensino de anatomia humana mostrando as funcionalidades de cada órgão. O aplicativo permite visualizar objetos 3D que representam os órgãos através da leitura dos marcadores, interage com os usuários através de um jogo, e mostra as funções de cada órgão selecionado. Com isso, o trabalho tem como contribuição social disponibilizar um método funcional e tecnológico para o processo de ensino-aprendizagem nessa área de estudo.

De acordo com os testes realizados com os alunos tiveram uma boa experiência no uso do aplicativo, conseguiram entender as funções e se sentiram estimulados a jogar. Alguns alunos precisaram de ajuda para resolver as questões devido

a compreensão do conteúdo, mostrando que há oportunidades de melhoria no conteúdo do aplicativo para deixá-lo mais compreensível para o uso nas escolas.

Assim, pode-se concluir que a utilização dos conceitos de Realidade Aumentada trouxe benefícios para auxiliar no aprendizado dos estudantes. A utilização do Unity em conjunto com o Vuforia para a construção do aplicativo se mostrou eficaz. As limitações do trabalho foi principalmente não obter bons resultados com o digitalizador 3D do laboratório (Apêndice A), e com isso foi preciso utilizar um aparelho iOS com tecnologia Light Detection and Ranging (LiDAR) para gerar os objetos 3D. Também, alguns marcadores de imagens usados na Realidade Aumentada apresentaram para o seu reconhecimento como marcador devido a algumas semelhanças entre as imagens (Apêndice B). Nesse caso foram gerados ruídos nas imagens dos marcadores para aumentar a taxa de reconhecimento. As possíveis extensões para esse trabalho seriam:

- a) além de utilizar os atuais marcadores de imagem, usar os próprios objetos 3D dos órgãos do corpo anatômico como marcador para a Realidade Aumentada;
- b) visualizar um *feedback* de erro ou acerto a cada pergunta;
- c) criar uma tela com o corpo humano em 3D para deslizar os órgãos e colocar cada um em seu lugar;
- d) realizar mais testes em escolas.

REFERÊNCIAS

4D ANATOMY. *4D Anatomy*. Disponível em: <https://www.4danatomy.com/>. Acesso em: 19 out. 2024.

ABDULLAH, Nur Atiqah; ROKMAIN, Nur Shakila Sahira. *Learning Human Anatomy Using Augmented Reality Mobile Application*. 2023. *International Conference on Digital Applications, Transformation & Economy (ICDATE)*, Miri, Sarawak, Malaysia, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICDATE58146.2023.10248797.

AZUMA, R. *et al.* *Recent Advances in Augmented Reality*. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação: Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> Acesso em: 01 de dezembro de 2024.

CANVA. Plataforma online para design gráfico. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 21 de setembro de 2024.

CNN Brasil. (2023). **O que é Realidade Aumentada, como funciona e exemplos de aplicativos**. Disponível em: CNN Brasil - Realidade Aumentada Acesso em 30 de novembro de 2024.

COLEGIO PRUDENTE DE MORAES. **Desvendando os segredos do corpo humano**. Disponível em: <https://colegioprudente.com.br/novo/desvendando-os-segredos-do-corpo-humano/> Acesso em: 01 de dezembro de 2024.

COSTA, Gilliene B. F.; LINS, Carla C. S. A. **O cadáver no ensino da anatomia humana: uma visão metodológica e bioética**. Pernambuco, Brasil. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbem/a/QNkM9sNRKDQJcMgTHDCf96r/?lang=pt&format=html#> Acesso em: 30 de março de 2024.

CURISCOPE. **Virtuali-Tee**. 2016. Disponível em: <https://www.curiscope.com/product/virtuali-tee/>. Acesso em: 30 de março de 2024.

FILHO, Antônio M.; BORGES, Marco A.S.; FIGUEIREDO, Isabella P.R.; VILLALOBOS, Maria I.O.B.; TAITSON, Paulo F. **Refletindo o ensino da Anatomia Humana**. *Enfermagem Revista*. v.19 n.2. 2016. Minas Gerais/MG. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/enfermagemrevista/article/view/13146?source=/index.php/enfermagemrevista/article/view/13146> Acesso em: 18 de junho de 2024.

HOSSAIN, Mohammad Fahim; BARMAN, Sudipta; BISWAS, Niloy; HAQUE, Bahalul. *Augmented Reality in Medical Education: AR Bones*. 2021. *International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*, Greater Noida, India, 2021, pp. 348-353, doi: 10.1109/ICCCIS51004.2021.9397108.

LOPES, Luana M. D.; VIDOTTO, Kajiana N. S.; POZZEBON, Eliane; FERENHOF, Helio A. **Inovações Educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática**. Rio Grande do Sul, Brasil. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/D8BG7VqVDPmYk3d5xmCJJyF/#ModalTutors> Acesso em: 30 de março de 2024.

MARTINI, Frederic H. *et al.* **Anatomia Humana**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. Pag.2 e 3. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=utW_AwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=anatomia+humana+&ots=BjVKJKcGuQ&sig=nFxW1dS9YakamLEPTB7r4e-vdtU&redir_esc=y#v=onepage&q=anatomia%20humana&f=false Acesso em: 30 de março de 2024.

PINHEIRO, Manuela L. A.; CRUZ, Daniela M.; LIMA, Gabriela S.; ROCHA, Melina R.; SANTOS, Gabriel M.; REIS, Claudiojanes. **A evolução dos métodos de ensino da anatomia humana - uma revisão sistemática integrativa da literatura**. Bionorte. v.10, n.2, p.168-181. 2021. Montes Claros/MG. Disponível em: <http://revistas.funorte.edu.br/revistas/index.php/bionorte/article/view/111/69> Acesso em: 18 de junho de 2024.

ROBERTO, Rafael; TEIXEIRA, João M.; LIMA, João P.; SILVA, Manoela O. S.; ALBUQUERQUE, Eduardo.; ALVES, Daniel; TEICHRIED, Verônica; KELNER, Judith. **Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada**. Sociedade Brasileira de Computação. 2011. Porto Alegre/RS. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59612760/livro201120190608-64682-1miqoeu-libre.pdf?1560021945=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTendencias_e_Tecnicas_em_Realidade_Virtu.pdf&Expires=1718736637&Signature=W9jagPZzCEBzP~M01LDBTZ9NkZIfhqfZl8Iibz0QaA13y7egxA7T-hY~sHy4eS-n-L~EMado~oLd~~-GIVm9vFblTzS4sMp9KKr-zfNklZb1KEGNVpwVw39~zDkstNZyxHSLy7ZlKhMb-Z0zzACdkeGu-CeMQ2Gnfh1-RQxBk3Cz0ucmEVy~58tOs3wliwTig5R~h1QAJqpMOJFgd~hcZKN-gGkf5mZBFyGe~oevlv83ryQza7TLCeZSUhrS57H6aMKxdBmXIsTnbjMaiWKvsmYQFMsv2DsA4Tw7sCaY1y7aLyJZn7ReY4M11X4JTxzYXGg6oXqpEVeNltAIE5hg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=91 Acesso em: 18 de junho de 2024.

ROSTER EQUIPAMENTOS LABORATORIAIS LTDA. **Torso Humano Bissexual 85cm e 24 partes Coleman**. 2024. Disponível em: <https://www.lojaroster.com.br/equipamentos-para-laboratorio/anatomia/boneco-anatomico-3d/torso-humano-bissexual-85cm-e-24-partes-col-1204-coleman> Acesso em: 22 de abril de 2024.

SIMÕES, Francisco; LIMA, João P.; TEICHRIEB, Verônica; KELNER, Judith; SANTOS, Ismael. **Realidade Aumentada sem Marcadores Baseada na Amostragem de Pontos em Arestas**. Rio de Janeiro/RJ. 2008. Disponível em: https://www.gprt.ufpe.br/grvm/wp-content/uploads/Publication/FullPapers/2008/_WRVA2008_Simoesetal.pdf Acesso em: 18 de junho de 2024.

TOMIO, Daniela. Entrevista de definição do aplicativo a ser desenvolvido. Entrevistadora: Marcella Coelho Brito Nunes. Blumenau. 2024. Entrevista feita através de conversação - não publicada.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva. **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 469p.

XAVIER, Mariana F.; *et.al*. **A realidade aumentada e virtual como métodos de ensino**. Curitiba. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/21479/17136> Acesso em: 30 de março de 2024.

APÊNDICE A – REGISTRO DA CAPTAÇÃO E BANCO DE IMAGENS

A Figura 15 mostra os testes iniciais com o digitalizador 3D EinScan H2 da empresa Shining 3D. Os resultados não se mostraram muito produtivos pois tanto a fase inicial de calibragem, como a de captura do modelo 3D demandavam um certo esforço e tempo.

Figura 15 - Captação de imagens dos objetos 3D



Fonte: Elaborado pela autora.

Já a Figura 16 apresenta a digitalização do objeto 3D do boneco anatômico usando a tecnologia Light Detection and Ranging (LiDAR) do iPhone 14.

Figura 16 - Captação de imagens dos objetos 3D










Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE B – REGISTRO DA CAPTAÇÃO E BANCO DE IMAGENS

A Figura 17 mostra o banco de dados das imagens criadas na plataforma Vuforia para utilizar os marcadores no projeto do aplicativo Unity com suas boas pontuações (*Rating*) para reconhecimento dos marcadores.

Figura 17 - Banco de imagens para marcadores na plataforma Vuforia

developer.vuforia.com/develop/databases/8a0b2f1acc1a4784b9b996db1f914382/targets				
Image	Target Name	Type	Rating ⓘ	Status ▾
	intestino_grosso	Image	★★★★★	Active
	cerebro_1	Image	★★★★★	Active
	figado_1	Image	★★★★★	Active
	pulmao_1	Image	★★★★★	Active
	estomago_1	Image	★★★★★	Active
	coracao_1	Image	★★★★★	Active
	intestino_delgado	Image	★★★★★	Active

Fonte: Elaborado pela autora.