

Aprendendo Anatomia Humana Usando Aumentado Aplicativo móvel de realidade

Nur Atiqah Sia Abdullah*

Escola de Ciências da Computação

Faculdade de Computação, Informática e Mídia, Universiti

Teknologi MARA

Shah Alam, Selangor, Malásia

atiqah684@uitm.edu.my

Nur Shakila Sahira Rokmain

Escola de Ciências da Computação

Faculdade de Computação, Informática e Mídia, Universiti

Teknologi MARA

Shah Alam, Selangor, Malásia

nurshakila2000@gmail.com

Resumo—Nesta era atual de avanço tecnológico, o desenvolvimento da tecnologia de Realidade Aumentada (AR) já tem uma grande influência no domínio da educação. Portanto, mais esforços para criar aplicativos educacionais para que os alunos entendam diversos tópicos usando AR. Este artigo tem como objetivo compartilhar a experiência de desenvolvimento de um aplicativo móvel para aprendizado de anatomia humana utilizando RA. Seleccionamos a técnica baseada em marcadores como técnica de AR e plataforma Android para desenvolvimento de aplicativos móveis. Seguimos o Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Aplicativos Móveis (MADLC) para o processo de desenvolvimento.

Durante a fase de design, definimos a arquitetura do sistema, o diagrama de casos de uso, o design do algoritmo e o design da interface do usuário. Em seguida, utilizamos Unity3D, Vuforia, Visual Studio Code, Blender e AR Core durante o desenvolvimento. Os recursos do Unity neste aplicativo AR incluem importação do banco de dados Vuforia, alvos de imagem, conversão de câmera, modelagem 3D de anatomia e órgãos humanos, tela e painel, e o kit de ferramentas Lean Touch para dimensionar e girar modelos 3D. Como resultado, desenvolvemos com sucesso um aplicativo móvel para aprender anatomia humana usando AR. Este aplicativo ajuda o aluno a compreender e também aprimora a experiência de aprendizado em anatomia humana.

Palavras-chave – realidade aumentada, anatomia humana, marcador baseado, modelo 3D, educação.

I. INTRODUÇÃO

A realidade aumentada (AR) adiciona objetos virtuais criados por um computador para incluir objetos 3D na paisagem real e permite aos usuários criar objetos virtuais como se fossem reais.

Idealmente, os usuários usam AR porque a AR pode interagir naturalmente com objetos. Sem perder o elemento do mundo real, os usuários podem agregar suas experiências no mundo real por meio de aplicativos de realidade aumentada [1].

AR tem duas abordagens, que são AR baseadas em marcadores e AR sem marcadores. A AR baseada em marcadores requer que os marcadores ou alvos visualizem o modelo 3D de um objeto alvo. Os usuários de AR sem marcadores colocam livremente objetos 3D em qualquer lugar que desejarem no aplicativo, sem marcadores ou alvos [2]. As diversas áreas aplicam amplamente a realidade aumentada devido ao fator criativo e de inovação das tecnologias modernas. Educação, arquitetura e negócios estão entre os domínios que aplicam amplamente a realidade aumentada [1].

Os alunos costumam utilizar cadáveres como complemento aos estudos e realizam estudos independentes utilizando recursos bidimensionais (2D) como livros didáticos, atlas de anatomia, flashcards e materiais didáticos para aprimorar seu conhecimento da anatomia humana [3].

Os alunos têm dificuldade em visualizar materiais 2D para 3D usando o método atual de aprendizagem de anatomia humana através de livros didáticos ou estátuas [1] e ficam entediados com a prática de anatomia [4]. Uma das razões é que os professores normalmente explicam e mostram imagens estáticas do corpo humano

e seus órgãos. É um conceito desafiador para os alunos entenderem e memorizarem [2].

A aplicação da realidade aumentada (AR) na educação tem incentivado os alunos a enfrentar disciplinas difíceis, pois diminui o nível de dificuldade para eles [1,5]. Eles podem memorizar o corpo e os órgãos dos humanos, bem como examiná-los dentro do quadro das funções corporais [5]. Como resultado, os alunos podem utilizar tanto meios de texto como modelos 3D neste tipo de aprendizagem para inventar uma melhor compreensão desse tópico [1,3,6]. Portanto, propusemos um aplicativo móvel de RA para auxiliar os alunos na compreensão da anatomia humana.

Este artigo está organizado em quatro seções. A Seção II inclui os trabalhos relacionados, que são anatomia humana, aplicações educacionais, realidade aumentada e técnicas em AR. Segue a Seção III, que é a metodologia. A metodologia abrange o processo de desenvolvimento do MADLC.

Relatamos os resultados na Seção IV, antes de finalizarmos com uma conclusão.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

A. Anatomia Humana A

anatomia humana é o estudo das estruturas do corpo humano. O conhecimento da anatomia é importante para o tratamento de pacientes e outras profissões relacionadas à saúde. A tecnologia de imagem, por outro lado, hoje em dia pode nos mostrar muito sobre como funciona o interior do corpo e pode reduzir a necessidade de cirurgia [7].

O conceito de conhecimento anatômico tem sido orientado pela compreensão dos órgãos e estruturas do corpo. A anatomia é classificada em anatomia macroscópica e anatomia microscópica. A anatomia macroscópica ou macroscópica é o estudo de estruturas anatômicas que são visíveis ao olho humano, como os órgãos externos e internos do corpo, enquanto a anatomia microscópica é o estudo de pequenas estruturas anatômicas, como células e tecidos [8].

Nós nos concentramos na anatomia macroscópica neste desenvolvimento de aplicativo móvel AR, mas limitado a alguns órgãos internos importantes.

B. Aplicações Educacionais

A tendência nas aplicações educacionais é ascendente. Tanto para crianças como para adultos, o conhecimento é a chave para o sucesso futuro [9]. Uma abordagem para obter essas informações é por meio de aplicativos educacionais.

Um aplicativo educacional é um software móvel que tem como objetivo auxiliar os usuários em qualquer tipo de aprendizado remoto. Por exemplo, aplicativos educacionais podem ensinar matemática fundamental para crianças, bem como aplicativos que servem como plataformas complexas de treinamento profissional para adultos [9].

Os aplicativos educacionais possuem vários recursos importantes que contribuem para o seu desenvolvimento. Ao criar um aplicativo educacional, esses recursos foram vistos nos aplicativos mais populares do mercado, por exemplo, que podem fazer com que professores e alunos interajam e interajam facilmente entre si [10]. Os recursos desenvolvidos na lista dos recursos de aplicativos educacionais mais importantes declarados por [11] são notificações push, tutorial e sessão ao vivo, modo offline, multilíngue, gamificação, banco de dados forte e conteúdo interativo.

Aplicamos o modo offline, banco de dados forte e conteúdo interativo como recursos educacionais neste desenvolvimento de aplicativos móveis de AR.

C. Realidade Aumentada

A realidade aumentada (AR) é o desenvolvimento tecnológico mais recente que está ganhando força rapidamente. Esta tecnologia permite que os usuários vejam ambientes físicos reais ou do mundo real com uma sobreposição de aumento digital que a torna um método altamente visual e interativo para integrar material online como áudio, vídeos, imagens, tamanho, cor e GPS no trabalho do mundo real. ambientes via câmeras [12,13].

Hoje em dia, a AR é criada usando aplicativos em dispositivos convencionais como smartphones, tablets e HoloLens. De forma lenta e segura, esta tecnologia procura novas áreas de aplicação para melhorar os fluxos de trabalho, especialmente à luz da chegada iminente do 5G. Google, Facebook e Amazon são apenas alguns dos gigantes que usam software de realidade aumentada para aumentar a produtividade. Por exemplo, um aplicativo como Instagram e Snapchat forneceria filtros divertidos para seus usuários [12].

Como resultado, a realidade aumentada é definida como uma versão modificada da realidade na qual o conteúdo gerado por computador é sobreposto às visões do mundo real do usuário, permitindo que os ativos digitais sejam integrados ao seu ambiente físico [12]. AR também deve cumprir três requisitos básicos que foram declarados por [12] que são:

- Uma combinação dos mundos real e virtual.
- Interação em tempo real.
- O registro 3D de objetos reais e virtuais é preciso.

D. Técnicas em Realidade Aumentada

Existem duas técnicas principais em AR, que são AR baseada em marcadores e AR sem marcadores. A técnica de AR baseada em marcadores de aplicativos móveis é baseada no reconhecimento de imagem. Eles detectam certos padrões ou marcadores, como códigos QR ou imagens, usando a câmera de um telefone celular. O aplicativo sobrepõe informações digitais no marcador após a identificação de um padrão. A posição do marcador determina a orientação do objeto AR [14,15].

A AR sem marcadores examina o mundo real e sobrepõe elementos digitais em recursos reconhecidos, como superfícies planas. Os elementos digitais são assim posicionados dependendo da geometria, em vez de serem fixados a um marcador. Em videogames como Pokémon Go, onde os personagens podem se mover pelo ambiente, a realidade aumentada sem marcadores é muito popular. Além disso, é amplamente utilizado para colocação de produtos digitais e eventos ao vivo [15].

A Tabela I mostra a comparação para distinguir as diferenças entre as técnicas baseadas em marcadores e sem marcadores.

TABELA I. COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE AR

Características	Tipo de marcador	
	AR baseada em marcador	AR sem marcador
Marcador	Obrigatório	Não requerido
Implementação	Fácil de implementar	Mais flexível e interativo
Marcador Dependência	AR desaparece quando a câmera é afastada do criador de formulários	AR depende de textura para computador visão para detectar

Usamos AR baseado em marcador neste desenvolvimento de aplicativo móvel AR devido às vantagens deste tipo de marcador e é adequado para aplicação no aprendizado de anatomia humana.

III. METODOLOGIA

Usamos o ciclo de vida de desenvolvimento de aplicativos móveis para desenvolver o aplicativo educacional. O Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Aplicativos Móveis (MADLC) é um dos modelos que pode ser usado porque é mais preciso e sistemático e fornece um método fácil para ensinar as fases de desenvolvimento de aplicativos [16].

A. Coleta e análise de requisitos

A primeira fase é a coleta ou análise de requisitos, onde revisamos a área de anatomia humana, técnicas adequadas em AR e plataformas adequadas, e comparamos aplicações semelhantes com o projeto. Depois disso, as declarações do problema, objetivos, escopo, significância, comparação de técnicas e aplicações semelhantes são os resultados da fase de coleta de requisitos.

B. Projeto

Para projetar o aplicativo, devemos incluir a arquitetura do sistema, o diagrama de casos de uso, a descrição do caso de uso e o design da interface do usuário. A arquitetura do sistema (ver Fig. 1) fornece melhor visualização para ajudar na fase de desenvolvimento seguinte.

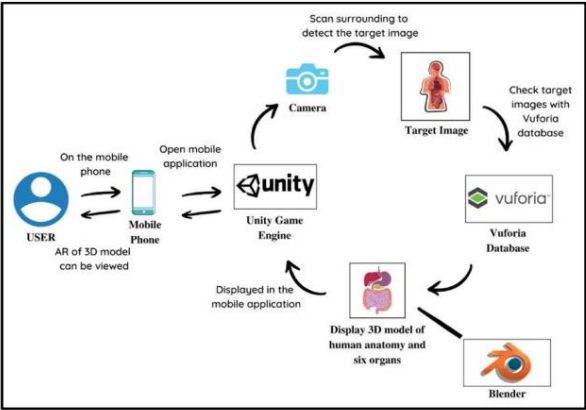


Figura 1. Arquitetura do sistema para a aplicação

Um usuário inicia o aplicativo móvel a partir do dispositivo, solicitando a interface de usuário desenvolvida anteriormente na plataforma Unity. Ao acessar o aplicativo, o usuário pode abrir a câmera traseira para detectar o alvo da imagem armazenada no banco de dados do Vuforia. Uma vez detectado o alvo da imagem, o objeto modelo 3D, que é o modelo da anatomia humana, e seis órgãos são aumentados na tela do dispositivo. Em seguida, o modelo 3D aumentado pode ser visualizado pelo usuário por meio do aplicativo móvel.

A Figura 2 mostra os casos de uso no aplicativo móvel. O aplicativo permite que os usuários iniciem o aplicativo de realidade aumentada, visualizem as instruções do usuário, digitalizem o marcador que pode visualizar o modelo 3D da anatomia humana e visualizem a descrição dos órgãos, além de permitir que o usuário saia do aplicativo.

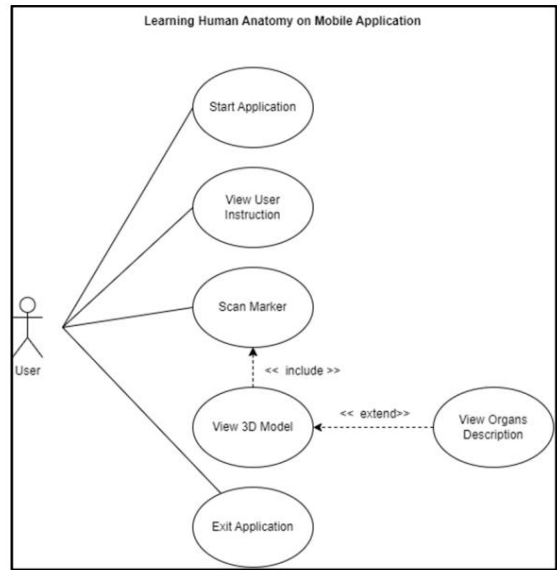


Figura 2. Diagrama de caso de uso para o aplicativo

Um dos componentes importantes para uma aplicação é o design do algoritmo. O desenho do algoritmo (ver Fig. 3) ilustra o processo que será seguido no desenvolvimento da aplicação. Também ajuda os desenvolvedores de aplicativos a entender melhor o processo.

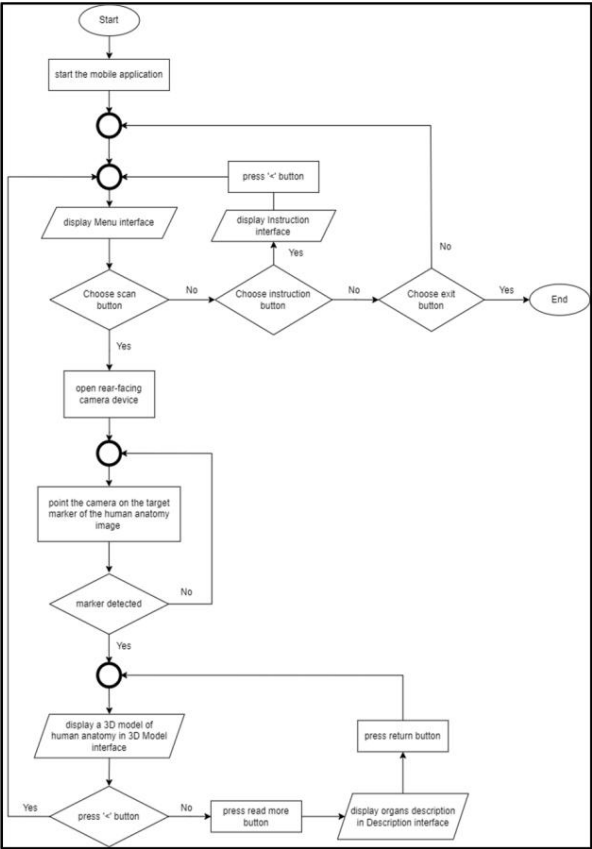


Figura 3. Fluxo do sistema para a aplicação

A Fig.3 mostra o fluxo do sistema do aplicativo móvel. Começa com o usuário iniciando o aplicativo. Em seguida, a interface do Menu aparecerá quando o aplicativo for aberto. O usuário pode iniciar a experiência do aplicativo AR escolhendo o botão 'Scan' ou 'Instrução' ou o botão 'Sair'. A câmera traseira será acionada para abrir se os usuários optarem por digitalizar. Em seguida, o usuário deve apontar a câmera em direção ao marcador alvo da imagem. O modelo 3D da anatomia humana na interface do Modelo 3D será exibido sempre que o marcador for detectado. Além disso, o usuário também pode visualizar os detalhes do órgão escolhendo um desses órgãos na interface do Modelo 3D pressionando o botão ler mais. Em seguida, o usuário pode pressionar o botão retornar para voltar à interface do Modelo 3D e o usuário será enviado de volta à interface do Menu.

Se o usuário selecionar o botão 'Instrução', a tela mudará para uma interface que explica as instruções do aplicativo do usuário para o modo AR na interface de digitalização. O usuário também pode escolher o botão “Sair” para encerrar a aplicação. Depois de completar todos os diagramas de design, continuamos com a fase de desenvolvimento.

C. Desenvolvimento

Durante o desenvolvimento, os recursos do Unity que são utilizados para o aplicativo AR incluem o processo de importação do banco de dados Vuforia, colocação de alvos de imagem no Unity, conversão de câmera em câmera para AR, importação de modelagem 3D de anatomia humana e órgãos , criação de telas e painéis processos e a importação do kit de ferramentas Lean Touch.

Para iniciar o processo, precisamos configurar o Vuforia banco de dados, alvo de imagem para o marcador e baixe o kit de ferramentas Lean Touch para permitir o dimensionamento e a rotação do modelo 3D

Para o alvo da imagem, usamos ME-QR para gerar um código QR gratuito. Adicionamos uma imagem de anatomia como logotipo à imagem do código QR. Em seguida, o código QR é baixado no formato PNG. Esta imagem é então adicionada ao banco de dados ARFypDB no Vuforia para ser utilizada como um alvo de imagem funcional. O banco de dados é então importado para o Unity para desenvolvimento posterior.

O componente do modelo 3D é modificado usando o Blender. Para facilitar a compreensão e o reconhecimento, os componentes do modelo de órgão da anatomia humana são atribuídos às suas cores específicas. Este processo é chamado de texturização. Os órgãos do modelo 3D envolvidos na aplicação são pulmões, estômago, coração, fígado, pâncreas, rim e a integração de seis órgãos.

Por exemplo, para modelar o coração, começamos adicionando um cubo de malha à cena no Blender. Em seguida, superfícies de subdivisão são adicionadas à malha para torná-la mais suave e fácil de extrudar. A malha é modelada no modo de edição usando as ferramentas do Blender para extrusão, movimentação, dimensionamento e rotação dos vértices da malha ou objeto. O processo de extrusão que estica verticalmente um objeto plano em um compartilhamento 2D para criar um objeto 3D dá ao objeto uma grande superfície e flexibilidade de forma para torná-lo mais realista.

A textura precisa ser adicionada aos modelos 3D e editada na aba de sombreamento de acordo com as preferências. O mapa UV é bem ajustado à textura da imagem. Um mapa UV define onde a área da textura deve ser aplicada a cada polígono do modelo. O vértice de cada polígono recebe um conjunto de coordenadas 2D que especificam qual área da imagem é mapeada. O modelo 3D no formato FBX é então importado para o Unity.

O principal recurso da UI do Unity é o Canvas, que contém elementos multimídia como texto, imagens, vídeos e botões. No total, foram criadas seis telas e painéis que contêm informações de órgãos como pulmões, coração, fígado, estômago, rim e pâncreas. A tela contendo as informações preenchidas inclui o modelo, nome e descrição do órgão, além de um botão interativo que permite ao usuário retornar ao modelo principal da anatomia humana em 3D.

O Lean Touch foi baixado do Unity Asset antes de utilizar o recurso de dimensionamento e rotação nos modelos 3D de órgãos do projeto. O script Lean Pinch Scale é adicionado ao inspetor principal para permitir o dimensionamento da anatomia humana e dos órgãos usando dois dedos. O script Lean Twist Rotate Axis é adicionado ao inspetor principal para permitir a rotação da anatomia e dos órgãos humanos. Também adicionamos o componente de fonte de áudio à tela.

D. Teste

Para testar o aplicativo móvel, preparamos cenários de teste de funcionalidade com base nos casos de uso e usamos uma abordagem de teste de caixa preta. O código QR é usado como marcador e três dispositivos Android são usados para testar o aplicativo móvel. Após vários testes, o aplicativo móvel passou com sucesso em todos os casos de teste.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção enfoca as interfaces de usuário do aplicativo móvel como principal resultado deste artigo. Possui cinco interfaces principais.

A. Interface do menu

A Fig. 4 mostra o menu para aprender anatomia humana usando realidade aumentada em aplicativos móveis.

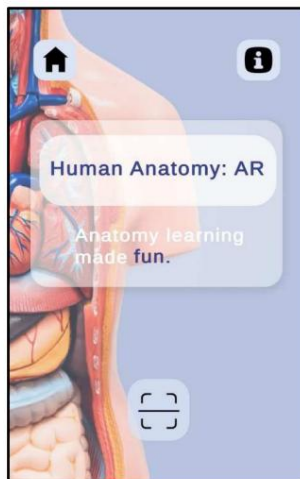


Figura 4. Interface do menu do aplicativo

Ao usar o aplicativo pela primeira vez, o usuário irá para este menu, que consiste em três botões para o usuário explorar. Os botões são o botão 'scan' que vai diretamente para a interface de digitalização, o botão 'instrução' que leva à interface de instruções e os botões 'sair' que fecharão o aplicativo.

B. Interface de instruções

Esta interface fornece instruções de uso do aplicativo para o usuário. A instrução fornecida explica que o usuário pode escanear o alvo da imagem apontando a câmera do seu celular para o alvo da imagem. Então, um modelo 3D da anatomia humana será

aparecer com os nomes de seis órgãos. Além disso, caso o usuário queira saber mais detalhes sobre cada órgão da anatomia humana, pode clicar no botão 'Leia mais'. O usuário também pode girar e dimensionar o modelo 3D na interface Modelo 3D e Descrição do Órgão. O usuário também pode retornar à interface do Menu clicando no botão Voltar.

C. Interface de

digitalização Esta interface aparecerá depois que o usuário clicar no botão 'digitalizar' na interface do menu. O design da interface Scan indica que a câmera traseira do celular deve estar ligada. Para fazer com que o aplicativo detecte o marcador, o usuário pode começar a apontar a câmera para o alvo da imagem.

D. Interface do modelo 3D

A interface do Modelo 3D mostra o modelo 3D da anatomia humana com os nomes e botões que aparecem no alvo da imagem. Na Fig.5, um modelo 3D da anatomia humana é exibido na tela do marcador. O modelo também exibe os nomes de seis órgãos, como pulmões, estômago, coração, fígado, pâncreas e rins.

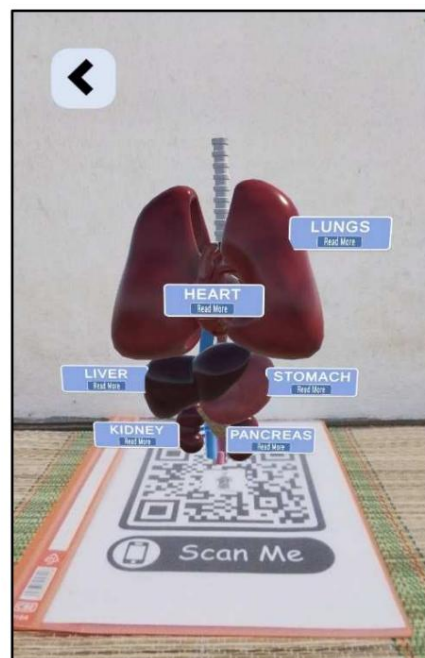


Figura 5. Interface de instruções do aplicativo

Então, um botão chamado 'Leia mais' nesta interface levará diretamente à interface de descrição. Além disso, o usuário também pode interagir com o modelo de anatomia humana girando e dimensionando o modelo com dois dedos, o que fará com que o usuário veja os detalhes do modelo de forma mais clara e interessante.

E. Interface de Descrição do Órgão Esta

interface mostra o modelo 3D do órgão com sua descrição. Cada um dos órgãos pode ser girado e dimensionado usando dois dedos do usuário. Além disso, a rotação e o dimensionamento nesta interface podem ser feitos em torno da área do modelo 3D. Essa interface atrairá o usuário para saber mais detalhes sobre cada órgão. Eles podem conhecer a estrutura de cada órgão. A interface também fornece um botão 'Retornar' para o usuário retornar à interface do Modelo 3D. A interface de descrição do órgão mostra a explicação de cada órgão, por exemplo o coração mostrado na Fig.

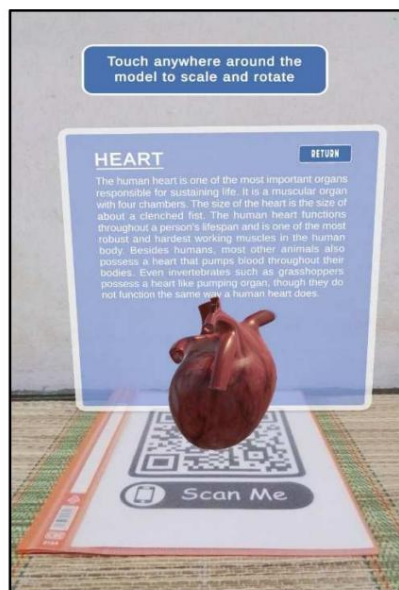


Figura 6. Interface de instruções da aplicação

F. Discussão

O primeiro desafio enfrentado durante o processo de desenvolvimento de aplicativos móveis é a comparação de soluções de AR. Foi difícil escolher entre Vuforia ou AR Foundation devido às respectivas vantagens e desvantagens. Após extensa comparação, o Vuforia foi escolhido porque possui um banco de dados que torna mais fácil para os desenvolvedores adicionarem alvos de imagem no futuro. Vuforia é a plataforma que irá aprimorar as iniciativas da indústria 4.0 e realmente avançar na transformação digital de aplicativos.

O próximo desafio é procurar um dispositivo móvel que possa suportar a implantação da aplicação móvel. O dispositivo móvel que baixa o aplicativo móvel requer versões de hardware específicas para ser construído com sucesso. É necessária uma especificação compatível para executar a solução AR do Vuforia e gerar o arquivo APK. As especificações incluem Windows 10, processador Intel Core i4, 10 GB de RAM e placa gráfica de 6 GB são necessários para o desenvolvimento. O dispositivo móvel deve rodar Android 12.0 com 3 GB de RAM e superior para melhor visualização do modelo AR. Com esses ajustes, o aplicativo móvel foi testado e implantado com sucesso.

V. CONCLUSÃO

Este artigo compartilha as experiências de desenvolvimento de um aplicativo móvel no aprendizado de anatomia humana utilizando a técnica de AR. Escolheu a técnica AR baseada em marcadores e a plataforma Android para a implementação. O aplicativo móvel foi testado com sucesso e pode ser implantado para fins educacionais. Acreditamos fortemente que o aplicativo mobile oferece uma alternativa para o aprendizado da anatomia humana e traz impacto significativo no aspecto educacional. Devido às limitações do aplicativo móvel atual, sugerimos algumas melhorias. O aplicativo móvel pode adicionar vídeos relacionados à anatomia humana e animações como o bombeamento do órgão cardíaco. Além disso, mais órgãos, como intestino grosso, intestino delgado e cérebro, podem ser adicionados a esta aplicação.

RECONHECIMENTO

Gostaríamos de expressar nossa gratidão à Faculdade de Computação, Informática e Mídia da Universiti Teknologi MARA por apoiar a taxa de publicação. Gostaríamos também de agradecer ao Ministério do Ensino Superior (MOHE) sob o Esquema de Bolsas de Pesquisa Fundamental (FRGS/1/2018/ICT04/UITM/02/9) e 600-IRMS/FRGS 5/3 (209/2019).

REFERÊNCIAS

- [1] MH Kurniawan, Suharjito, Diana e G. Witjaksono, "Sistemas de aprendizagem de anatomia humana usando realidade aumentada em aplicativos móveis", *Procedia Computer Science*, vol. 135, pp. 80–88, 2018.
- [2] L. Samia, "Aprendendo anatomia humana usando o aplicativo móvel ARA," *Jornal Internacional de Computação e Sistemas Digitais*, vol. 8, não. 6, pp. 589–596, 2019.
- [3] ED Fajrianti, S. Sukaridhoto, MU Rasyid, RP Budiarti, IA Hafidz, NA Satrio e A. Firmanda, "Design e desenvolvimento de plataforma de aprendizagem de anatomia humana para estudantes de medicina com base em tecnologia de inteligência aumentada", *2021 Simpósio Internacional de Eletrônica (IES)*, 2021.
- [4] W. Hidayat, AE Permasari, PI Santosa, N. Arfan e L. Chordiah, "Modelo conceitual para aprendizagem de anatomia humana com base em realidade aumentada em impressão 3D de quebra-cabeças de marcadores", *2019, 3ª Conferência Internacional de Informática e Ciências Computacionais (ICICoS)*, 2019.
- [5] "Realidade aumentada em anatomia - IJERT." [On-line]. Disponível: <https://www.ijert.org/research/augmented-reality-in-anatomy-IJERTV10IS040203.pdf>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [6] R. Layona, B. Yulianto e Y. Tunardi, "Realidade aumentada baseada na Web para aprendizagem da anatomia do corpo humano", *Procedia Computer Science*, vol. 457–464, 2018.
- [7] "Anatomia: o que é e por que é importante?", *Medical News Today*. [On-line]. Disponível: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/248743>. [Acesso: 04-Maio-2023].
- [8] "Anatomia e fisiologia", *Medicine LibreTexts*, 23 de outubro de 2022. [On-line]. Disponível: https://med.libretexts.org/Bookshelves/Anatomy_and_Physiology. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [9] "Como criar um aplicativo educacional e quanto custa", *Shakuro*. [On-line]. Disponível: <https://shakuro.com/blog/how-to-create-an-educational-app-and-how-much-it-costs>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [10] Technostacks, "14 recursos essenciais de um aplicativo educacional", *Technostacks Infotech*, 27 de junho de 2022. [On-line]. Disponível: <https://technostacks.com/blog/education-mobile-app-features/>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [11] A. Manchanda, "13 recursos essenciais de aplicativos educacionais de sucesso", *Insights - Serviços e soluções de desenvolvimento web e móvel*, 10 de novembro de 2022. [On-line]. Disponível: <https://www.netsolutions.com/insights/efficient-features-of-best-educational-apps/>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [12] "Quais são os diferentes tipos de realidade aumentada?", *The Softtek Blog*. [On-line]. Disponível: <https://blog.softtek.com/en/what-are-the-Different-Types-of-Augmented-reality>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [13] O. Boiko, "O guia definitivo para realidade aumentada (AR) no comércio eletrônico", *WeAR*, 06 de maio de 2022. [On-line]. Disponível: <https://wear-studio.com/ar-in-e-commerce/>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [14] "Melhores ferramentas para construir aplicativos móveis de realidade aumentada", *RubyGaragem*. [On-line]. Disponível: https://rubygarage.org/blog/best-tools-for-building-augmented-reality-mobile-apps#article_title_1. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [15] "AR sem marcador vs. AR baseado em marcador com exemplos - cartões aéreos", RSS. [On-line]. Disponível: <https://www.aircards.co/blog/markerless-vs-marker-based-ar-with-examples>. [Acesso em: 04-maio-2023].
- [16] F. Khalid, "Incorporando os elementos do pensamento computacional no modelo MADLC do ciclo de vida de desenvolvimento de aplicativos móveis," *Academia.edu*, 28 de setembro de 2019. [On-line]. Disponível: https://www.academia.edu/40463304/Incorporating_the_Elements_of_Computational_Thinking_into_the_Mobile_Application_Development_Life_Cycle_MADLC_Model. [Acesso em: 04-maio-2023].