Um game auxiliar no aprendizado do esqueleto humano

Phellipe Caetano Santiago
Instituto de Computação
Universidade Federal Fluminense
Niteroi, Brasil
phellipecs@id.uff.br

João Vitor de Souza Chagas
Instituto de Computação
Universidade Federal Fluminense
Niteroi, Brasil
joaovsc@id.uff.br

Aura Conci
Instituto de Computação
Universidade Federal Fluminense
Niteroi, Brasil
aconci@id.uff.br

***Resumo*—Este trabalho apresenta a ideia de um protótipo para smartphone de um game para o ensino da anatomia óssea humana. O sistema tem interface intuitiva e simples, necessitado apenas de um celular com o sistema operacional compatível e câmera. A interação do usuário com o sistema é feita por análise gestual. Questionários foram aplicados a um conjunto de usuários mostrando a efetividade da aplicação para o aprendiz. Esperamos logo ter um feedback de seus professores no ensino e ampliar o jogo com fases ainda mais interessantes, usando sugestões da comunidade interessada.**

Palavras-chave — Games para Saúde, Anatomia, Realidade Aumentada, Análise de Gestos, Gamificação

I. Introdução

Compreender a função e o contexto espacial da anatomia humana é importante no ensino de diversos cursos da área da saúde e esportes como: medicina, enfermagem, fisioterapia, farmacologia, biologia, radiologia, fisiologia e educação física. Nesse sentido, há debates sobre os métodos adequados de apresentação dos conhecimento dessa disciplina. A literatura apresenta seis categorias de ferramentas para o ensino da anatomia humana: a) ensino didático, b) uso de modelos, c) inspeção de espécimes, d) ensino da anatomia viva, e) aprendizagem baseada em computador *(Computer Based Learning - CBL)* e f) dissecação de cadáveres [1].

Um conhecimento profundo sobre anatomia é essencial para o exercício seguro da maioria das atividades no campo da saúde. Apesar da relevância dessa disciplina, estudos indicam que uma parcela significativa dos novos médicos residentes não possui conhecimento anatômico suficientemente adequado [2]. Em paralelo, também foi evidenciado um número significativo de mortes devido a erros anatômicos e ao desconhecimento de detalhes de sua nomenclatura, mesmo em países considerados desenvolvidos. [3].

A educação da anatomia humana tem passado por um processo de atualização ao longo das últimas décadas. Tradicionalmente, a anatomia sempre foi ensinada por meio da dissecação de cadáveres. Ainda hoje, há uma parcela de profissionais anatomistas que defende seu uso considerando que para obter uma compreensão precisa da anatomia o aluno deve ser exposto ao máximo possível ao "real" [4]. Esse profissionais sustentam a ideia que é preciso vivenciar a experiência do estudo baseado em dissecação de cadáveres, a fim de concretizar um conhecimento da forma e do tamanho dos órgãos, seus posicionamentos em relação ao resto do corpo. Além disso, é defendido que o método de dissecação de cadáveres introduz o aluno a aprendizagem autodirigida, ao trabalho em equipe e ao convívio com a morte de maneira controlada [5].

Entretanto, essa prática não é tão difundida como antes devido às questões práticas de infraestrutura e aos altos custos associados à manutenção de laboratórios mortuários. Acrescenta-se que, os riscos à saúde relacionados à possibilidade de transmissões de doenças, exposição ao vapor do formol utilizado nos cadáveres, em paralelo com as questões éticas, também corroboram com a redução dessa técnica [6]. Os motivos expostos fazem com que esse método de aprendizagem se torne cada vez menos habitual, de forma que, hoje, esse método é reservado quase que inteiramente aos estudantes de medicina, e não para aqueles que treinam para ocupações relacionadas (isto é qualquer outra que não seja a formação médica) [7].

Essa tendência de gradativa redução de exposição à dissecação de cadáveres atingiu o seu ápice em meio à pandemia do COVID-19. Esse fato decorre principalmente da limitação ao acesso presencial a esses ambientes de estudo, devido às restrições impostas pelos governos, a fim preservar a manutenção do isolamento social e reduzir a disseminação viral [8].

Em decorrência desses fatos, há uma tendência de consolidação de outras técnicas e metodologias para o ensino da anatomia humana, como: aprendizagem baseada em problemas. Mais recentemente, alternativa da aprendizagem baseada sistemas computacionais, foco do presente trabalho, também ganhou força nesse campo.

O sistema exposto nesse artigo propõe uma modelo de aprendizagem para anatomia óssea, funcional mesmo em ambientes de distanciamento social. Nele fornecemos o BNAnatomy, um *serious game* para o estudo dessa disciplina. O protótipo é composto de dois subsistemas: O primeiro fornece um treinamento em Realidade Aumentada (AR), o qual acreditamos ser a melhor solução para representar toda a complexidade existente no esqueleto humano, que não seria possível alcançar por meio de livros, diagramas ou figuras bidimensionais. O segundo subsistema, apresenta um mini game

2D no formato de *puzzle*, no qual o estudante deve montar uma parte do esqueleto humano. Esse segundo subsistema, funciona como um tradicional quebra cabeça de peças, de modo a oferecer uma alternativa remanescente a estudantes que ainda não possuem os requisitos de sistema necessários para a execução do primeiro. Os dois sistemas visam fornecer um conhecimento de anatomia óssea aos estudantes interessados, a baixo custo, de maneira divertida e imersiva. Para ajudar nesse fim ambos usam conceitos de gamificação como: recompensas, competição e feedback de progresso.

II. Realidade Aumentada e Gamificação

A fim de proporcionar uma melhor compreensão do artigo, apresentamos brevemente neste tópico os conceitos de Realidade Aumenta e Gamificação que norteiam a pesquisa.

A. Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (que daqui para a frente neste artigo será mencionada pela sigla RA), pode ser definida como uma tecnologia multi sensorial baseada nos recursos multimídia disponíveis atualmente. Essa tecnologia apresenta uma visão do mundo real, que incorpora objetos sobrepostos do mundo virtual [9], de modo expandir as experiências o do mundo real em que vivemos. As informações incorporadas por essa tecnologia apresentam um sentido amplo, podendo ser quaisquer tipos de dados (vídeo, imagem, áudio). No entanto, em geral, são mais comumente vistas aplicações que trabalham apenas com a sobreposição de imagens virtuais no ambiente. Para interagir com o ambiente de RA, pode ser necessária a utilização de marcadores ou análises gestuais.

Os sistemas de RA, em geral, possuem as seguintes propriedades inerentes: a) combinação de dados do mundo real com os objetos virtuais, dentro do ambiente real, b) alinham conjuntamente objetos reais e virtuais, c) apresentam interatividade em tempo real [10].

Sistemas de RA já são amplamente utilizados para a propagação de conhecimento nos mais diversos campos educacionais como: saúde, engenharia, biologia, química e turismo. Esses sistemas atuam de forma a atender a uma ampla diversidade de faixas etárias e graus de conhecimento. Porém, o uso dessa tecnologia ainda encontra uma série de desafios.

A RA enfrenta na sua usabilidade desafios semelhantes aos de interfaces tradicionais, como excesso de informação apresentadas ao usuário e problemas para determinar o foco da atenção desses. Quando voltada para o aspecto educacional, essa tecnologia esbarra no problema da criação de conteúdo, uma vez que, esse tipo de projeto demanda um grande esforço, necessitando de conhecimento computacional o que gera um entrave para educadores de campos distintos a computação desenvolverem soluções em RA. Assim como também há a necessidade de conhecimentos sobre o tema abordado e pedagógicos, o que impõem obstáculos para profissionais da computação desenvolverem esse tipo de solução sozinhos. Logo, projetos que envolvem RA necessitam quase sempre de uma equipe multidisciplinar [11]. Além do que, é sempre um desafio combinar novas tecnologias de ensino, que fogem a metodologia convencional, com processos avaliativos que consigam indicar de maneira eficaz o progresso do aluno.

Atualmente, há um forte debate sobre a capacidade dos ambientes virtuais em realidade aumentada conseguirem substituir uma variedade de modelos experimentais (em sua grande maioria de altíssimos custos) em salas de aulas ou laboratórios reais. No entanto, acreditamos que o principal aspecto dessa tecnologia não é a sua aplicação única e isolada mas sim sua capacidade de servir como uma ferramenta complementar para as metodologias de ensino já existentes, a fim de maximizar a experiência de aprendizagem dos estudantes. Por exemplo, por meio da realidade aumentada um aluno pode ter acesso de forma remota a uma representação virtual perfeita de seu laboratório de pesquisa. Outrossim, é possível permitir que modelos possam ser alterados ou mesmo personalizados pelos alunos ou professores. Outra possibilidade de uso educacional é utilizar-se dessa visualização mista para replicar fenômenos naturais que geralmente são invisíveis [12].

B. Gamificação

A definição básica de gamificação consiste em adicionar recursos inerentes aos jogos a outros contextos como na educação. A literatura fornece cinco atributos chaves para o conceito de jogos: a) jogador ou jogadores; b) conflitos; c) regras; d) objetivo predeterminado do jogo, e) natureza artificial dos jogos. Ao abordar o contexto de jogos educacionais é preciso adicionar mais um atributo para a completude deste conceito: f) a sua natureza pedagógica [13].

Por meio da gamificação, é possível permitir que as partes interessadas possam divertir-se enquanto aprendem. Isso é especialmente oportuno dentro do contexto do aprendizado na área da saúde, pois o esgotamento físico e mental pode ser visto em praticamente metade dos médicos. Esse fator de risco torna essa classe profissional mais propensa a problemas como depressão e suicídio [14]. Entre as condições que desencadeiam esse problema estão a pressão por produção e a demanda de trabalho. Essas fontes de estresse têm início desde a formação médica acadêmica e persistem mesmo no ambiente de trabalho.

Nesse contexto, o uso da gamificação no ensino da anatomia pode mitigar a tensão do ambiente vivido pelos profissionais da saúde e motivá-los. Nesse sentido, o uso dessa ferramenta cria uma barreira entre pessoa e realidade, de modo a permitir que o aluno seja exposto a diversos cenários, assim permitindo-lhes criar e avaliar resultados positivos e negativos de procedimentos clínicos, sem necessariamente estar exposto ou expor um paciente aos riscos de tais procedimentos [15]. Dessa maneira, a tecnologia cria um ambiente seguro para os alunos aprimorarem e validarem suas habilidades e ganharem autoconfiança, bem como garante a segurança de seus pacientes.

Por fim, é importante compreender que a gamificação de forma alguma deve ser utilizada de modo que atrapalhe o processo de aprendizagem. Engajamento nem sempre vem acompanhado de aprendizagem real [16]. Por isso, mesmo com o uso da gamificação não é possível abrir mão do rigor

acadêmico, ou seja, é preciso encontrar equilíbrio entre a diversão e automotivação sem deixar de expor o aluno há uma avaliação de aprendizagem séria e rígida [17].

III. Trabalhos Relacionados

O estudo da anatomia humana exerce um papel importante na formação de médicos, enfermeiros, bioquímicos, fisioterapeutas, nutricionistas, dentistas e outros profissionais de áreas relacionadas à saúde. Porém, o conhecimento prático dessa área pode apresentar alguns obstáculos. No formato convencional essas aulas necessitam de espaços que abriguem corpos dissecados, esqueletos humanos ou ao menos modelos tridimensionais caros e complexos, que na grande maioria das vezes permanecem guardados e são somente acessados durante as aulas expositivas ou dialogadas.

Nesse sentido, algumas soluções que envolvem gamificação e RA já foram propostas para dar suporte ao estudo da anatomia humana. Abaixo apresentamos alguns trabalhos que se beneficiam do uso de tecnologias no ensino da anatomia humana.

O primeiro grande projeto de um sistema computacional, e percussor desse tipo de sistemas, criado com a finalidade de auxiliar no ensino da anatomia humana surgiu em 1986. Idealizado pelo *(National Library of Medicine - NLM)*, nos Estados Unidos da América, o Visible Human Project foi desenvolvido com a finalidade de criar uma base de imagens digitais de dois cadáveres, um masculino e um feminino. Essa base foi gerada partindo de cortes anatômicos transversais, tomografias, raios-x e de ressonâncias magnética [18]. Após o sucesso do projeto *Visible Human*, foi idealizado e desenvolvido o projeto VOXEL-MAN, o qual fez uso das imagens do *Visible Human* para criar modelos 3D de várias regiões do corpo com detalhes e realismo sem precedentes para a época [19].

Mais recentemente, uma gama de sistemas computacionais voltados para reforçar a aprendizagem da anatomia humana aplicaram a tecnologia de RA a fim de proporcionar um ambiente de aprendizagem mais realista. Dessa forma, sendo possível representar mais fielmente a complexidade existente em toda anatomia humana, de um modo que não seria possível alcançar por meio de representações bidimensionais.

Nesse aspecto, em 2010, surge o Virtual *(Anatomical Model - VAM)* [20]. O VAM é um sistema de exibição para visualizar e examinar as maquetes virtuais de órgãos internos por meio da tecnologia de RA. Além do mais, esse sistema destaca-se por proporcionar uma plataforma de ensino a distância para anatomia usando dois equipamentos VAM conectados através de uma rede, em que o professor e o aluno em lugares distantes podem compartilhar os órgãos e pontos de vistas virtualmente.

Já em 2015, Thomas et al. propuseram o BARETA [21]. Esse sistema combina a tecnologia de RA com modelos produzidos usando a tecnologia de Prototipagem Rápida (PR), para fornecer ao aluno estimulação tanto do toque quanto da visão e ensinar a estudantes de medicina sobre anatomia humana. A versão atual se concentra no sistema ventricular humano.

Ferrer-Torregrosa et al. investigaram estratégias didáticas para o ensino a distância baseadas em um conceito de "sala de aula invertida". Esse conceito propõe um ambiente no qual professores prepararam materiais para que os alunos trabalhem de forma independente antes das aulas, de modo que os exercícios sejam na aula e não após ela [22]. Esse estudo apresentou um experimento com 171 alunos dos cursos de medicina, fisioterapia e ortopedia, divididos em três grupos. Cada grupo recebeu um material didático distinto aplicado aos estudos de anatomia. Os materiais consistiam em: anotações com imagens, vídeos e um livro não interativo em realidade aumentada. O grupo da RA obteve uma pontuação média significativamente maior nos exames do que os obtidos com vídeos e notas. Além das notas desse grupo apresentaram uma menor dispersão (desvio padrão menor) em comparação com os outros que usavam os demais materiais. Apesar dos resultados promissores o estudo não aborda a questão da gamificação, o que também é tratado em nossa abordagem, que por meio dos desafios propõe um maior grau de envolvimento dos usuários no processo de aprendizagem.

Já Andayani et al. [23] propuseram para o aprendizado médico interativo da anatomia pulmonar um sistema de visualização 3D com AR. Nessa pesquisa, os autores utilizaram o software *Blender* para a modelagem dos objetos e técnicas de *target* de imagem para a exibição dos objetos 3D a partir de marcadores. Esse trabalho não apresentou resultados referentes à usabilidade e desempenho dos alunos, se restringindo a testes de funcionamento dos marcadores.

Uma abordagem um pouco distinta foi proposta por Ma et al [24]. Nela um sistema de realidade aumentada personalizado e interativo foi desenvolvido para facilitar o ensino da anatomia humana. O sistema funciona como um "espelho mágico" que, por meio de um sensor RGB-D como um dispositivo de rastreamento em tempo real para a detecção de movimento (Kinect), permite a visualização personalizada da anatomia do corpo do usuário. Criando assim a ilusão de ser possível o usuário olhar dentro de seu próprio corpo [24]. O estudo apresentou resultados positivos com 86,1% de aprovação para o valor educacional do espelho mágico e 91,7% de aprovação para a capacidade de realidade aumentada de exibir órgãos em três dimensões. Entretanto, o requisito obrigatório da presença do dispositivo Kinect para o funcionamento da aplicação restringe a sua utilização a ambientes específicos que possuam uma infraestrutura prévia.

Kurniawan et al., em 2018, dissertaram sobre a dificuldade que os alunos possuíam em aprender a anatomia do corpo humano por meio de livros. Posto que as imagens 2D de um livro não conseguiam representar precisamente anatomia de um corpo humano. Para suprir essa dificuldade, os pesquisadores desenvolveram uma aplicação para celular. Essa aplicação permite a visualização de diferentes partes do corpo humano por meio da tecnologia RA, através de marcadores [25]. O projeto apresentou feedbacks positivos. No entanto, exibia apenas um sistema de visualização dos objetos e informações desses, não submetendo os alunos a desafios que poderiam aumentar ainda mais a sua motivação acerca do tema.

O trabalho que apresenta maior relação com o que propomos aqui é a pesquisa exposta por Stefan et al. [26]. Nesse trabalho, é apresentado pelos autores um software médico de educação e entretenimento com RA para o aprendizado da anatomia óssea. Esse software é tratado como "AR bone puzzle", nele o usuário utiliza um Kinect para montar um esqueleto sobre o seu próprio corpo a partir dos ossos que vão sendo sorteados aleatoriamente, entre 16 partes possíveis. O sistema funciona como um quebra cabeça de peças tradicional. Essa solução, assim como a nossa, recorre a uma interação baseada em gestos. Todavia, podemos notar que a proposta de Stefan et al. apresenta um custo maior para ser reproduzida, uma vez que, assim como a proposta de Ma et al [24], faz-se necessário a utilização do Kinect. Em contrapartida, o trabalho aqui proposto é baseado apenas no uso de um smartphone, que atualmente é de uso comum para comunicação e na maioria dos casos já disponível ao aprendiz (embora nesta primeira versão esteja apenas disponível para o sistema operacional Android, logo poderá ser estendida aos demais mais utilizados). Acreditamos na capacidade desse fator proporcionar uma maior facilidade de implementação em salas de aulas e laboratórios.

Observando os trabalhos mencionados, adquirimos conhecimentos para tornar nossa aplicação mais imersiva e acessível a todas as pessoas que desejam valer-se da tecnologia para o aprendizado da anatomia óssea. Nosso sistema foi projeto para ser acessível, uma vez que, é executado diretamente em quaisquer Smartphones com sistema operacional Android e câmera traseira. Além disso, todo o controle da aplicação em RA é feito por meio da análise dos gestos manuais dos usuários, o que acreditamos proporcionar um maior grau de imersão que outros *inputs* mais usuais como *touch*, mouse e teclados.

IV. Protótipo

A versão atual do protótipo originou-se de uma serie de melhorias a partir de feedbacks de usuários de duas implementações anteriores e mais simplificadas [27] [28]. O aplicativo agora é dividido em dois subsistemas para aprendizagem da anatomia óssea, acessíveis em um mesmo executável. O primeiro, apresenta uma solução em RA, com análise gestuais e um esqueleto tridimensional com proporções reais. O segundo, apresenta uma solução mais simples, que pode ser utilizada por usuários que possuam qualquer incompatibilidade com o ARFoundation ou ARCore, necessários para a execução do primeiro subsistema. Essa solução exibe o mesmo esqueleto, mas em uma projeção paralela, sem o uso da realidade aumentada e com o input baseado no tradicional *touch screen*. Os dois subsistemas são gamificados com atividades interativas propostas através de desafios e recompensas para os usuários.

A. Sistema em Realidade Aumentada

A solução implementada no sistema de RA foi projetada para proporcionar uma experiência agradável, motivadora e imersiva para o ensino da anatomia óssea. Além disso, foi idealizado para ser financeiramente acessível, uma vez que, o único requisito necessário é a instalação do software em um smartphone Android, com sistema operacional superior ao 7.0 e com um câmera traseira para a captura e reconhecimento em tempo real dos gestos do usuário.

Essa sistema faz uso das *Application Programming Interface - APIs*: ARFoundation e ARCore. Essas APIs em conjunto fornecem toda a arquitetura necessária para trabalhar com realidade aumentada no projeto. Por meio dessas, foi possível simular o modelo 3D de um esqueleto humano em um ambiente real, mantendo todas as suas proporções e características.

Nessa parte da solução, utilizamos os gestos das mãos para interação do usuário com o jogo. Os gestos manuais são recebidos como inputs, substituindo os tradicionais touchs e cliques de mouse. Os gestos são compreendidos como sequências específicas de estados das mãos do usuário, e podem ser classificados como: gestos contínuos ou gestos de gatilho.

Gestos contínuos possuem a função de categorizar se o usuário está executando ou não um determinado gesto continuamente. Já os gestos de gatilho são aqueles usados para disparar um evento.

Atualmente, o protótipo possui duas interações não contínuas, essas interações são: pinçar e agarrar. Esses gestos são reconhecidos através da combinação de localizações das mãos em posições anteriores e atuais da mão do usuário. Com a compreensão desses gestos o sistema é determinar que tipo de atividade o usuário está executando no momento e ativar a funcionalidade desejada com base na entrada de dados.

Para fazer essa análise gestual utiliza-se a classe Manoclass do Devkit Manomoton, que faz a categorização de cada pose da mão do usuário. Essas poses são divididas nas categorias: agarrar, pinçar e apontar. Essas categorias são classificadas como diferentes Manoclasses, constituindo os componentes mais importantes para a análise gestual.

Os estados da mão do usuário são atualizados constantemente a fim de oferecer a informação de qual Manoclass está sendo detectada no momento. A Fig 1 apresenta os gestos usados em nossa aplicação. O gesto de pinçar corresponde a câmera visualizar um arco de circulo formado pelo polegar e o indicador e o movimento de tocar a ponta destes dedos um no outro (como as duas primeiras imagens da Fig 1. O gesto de agarrar corresponde a como seria o movimento da mão agarrar uma corda ou bastão quando vista perpendicularmente a palma da mão (ou seja uma sequencia de movimentos entre as duas ultimas imagens da Fig 1. Esses gestos podem tanto ser feitos com a não direta quanto com a esquerda.

O jogo apresenta conceitos e mecânicas simples, a fim de que se possa ser compreensível mesmo para quem não está familiarizado com aplicações em realidade aumentada. Durante o gameplay, o aluno deverá apontar no modelo 3D qual é o osso indicado na pergunta feita em um determinado momento pelo aplicativo. Cada osso possui um ID, que será comparado com o ID da pergunta, sorteada pelo sistema aleatoriamente, do momento. Assim, se o usuário acertar o osso da questão outro será sorteado para uma nova pergunta e

Fig. 1. Gestos manuais reconhecidos no aplicativo, respectivamente os gestos de pinçar e agarrar.

ele acumulará pontos, se o usuário errar, receberá um feedback visual negativo e o osso em questão permanecerá até que o estudante consiga acertar ou até que o tempo se esgote.

Atualmente, o projeto conta com 20 (vinte) ossos do corpo humano para a interação. No entanto, é importante ressaltar que a aplicação ainda está em fase inicial e que futuramente a proposta é que seja possível a interação com todos os ossos do corpo. O modelo 3D pode ser visualizado na Fig 2, a imagem apresenta o objeto virtual do esqueleto humano sobreposto a um ambiente real. Os ossos podem aparecer disjuntos como nas imagens extremas da Fig 2 ou unidos como usualmente visto no esqueleto, representação no centro da Fig 2.

Foram implementados também conceitos simples de gamificação a fim de intensificar a motivação dos usuários do sistema. Nesse sentido, essa solução apresenta: a) elementos de pontuação para elevar a competitividade entre os alunos; b) o conceito de combos, dando um bônus na pontuação ao acertar três ou mais questões em sequência; c) o desafio do tempo, no qual o jogador possui apenas 1 minuto para tentar obter a maior pontuação possível nesse intervalo. Em versões futuras, outros elementos de gamificação como o sistema de ranking e *achievements* serão introduzidos para aumentar o grau de engajamento dos usuários.

É importante destacar que no decorrer dos testes foram encontrados alguns aparelhos Android, que mesmo com sistema operacional superior ao 7.0, demostraram incompatibilidade com a aplicação. A incompatibilidade desses advém do fato desses aparelhos não ofereceram suporte ao ARFoundation e ARCore. No geral, esse problema foi visto apenas em alguns modelos da marca XIAOMI.

B. Sistema Bidimensional

Como já mencionado, o projeto também possui um sistema secundário e com requisitos mais simples para aqueles alunos com aparelhos que não suportem o ARFoundation e ARCore. Esse segundo sistema funciona exibindo o mesmo esqueleto em uma projeção paralela e sem o uso da realidade aumentada.

Nesse sistema, um pequeno domínio do esqueleto é sorteado por vez. Esse domínio do esqueleto é desmembrado e mostrado na tela com os ossos que o compõem separados uns dos outros. A Fig 3 mostra o subsistema ”cabeça”. Nesta e na próxima figura é apresentado uma captura da tela do celular onde o aplicativo está sendo jogado. Os limites do smartphone são representados pelas bordas das figuras. A instrução que aparece no canto superior esquerdo diz: ”Objetivo: Para completar esta etapa é necessário montar os ossos corretamente. Para mover cada osso basta arrastá-lo com o dedo e posiciona-lo corretamente entre os demais.” De acordo com as instruções do jogo, os ossos que devem ser conduzindo para a reconstrução, de forma organizada. Cada vez que um osso é selecionado seu nome é apresentados na parte inferior da tela, como mostrado na figura 4.

Objetivo dessa solução é funcionar como um pequeno quebra cabeça, no qual o usuário possui um tempo pré-estabelecido para montar o pedaço do esqueleto apresentado. Para auxiliar os usuários da aplicação, o sistema exibe feedbacks visuais, como o nome do osso selecionado pelo usuário. Além disso, quando o objeto alcança a posição correta, a malha muda para um textura verde conforme é demonstrado na Fig 4. Assim sendo possível indicar que aquele osso atingiu a posição correta e o usuário pode passar para os próximos.

Por fim, quando o usuário consegue remontar todo esqueleto apresentado a ele, o mesmo soma uma pontuação ao seu score total. Em seguida, uma nova parte do esqueleto é sorteada para o usuário repetir o processo enquanto houver tempo disponível.

C. Requisitos dos Sistemas

Neste protótipo, usamos um conjunto de novas tecnologias para o desenvolvimento e testes. Cada uma das quais precisa atender às suas especificações para funcionar corretamente. Essas especificações diferem para cada tecnologia, por isso listamos abaixo as especificações com base nas tecnologias usadas no projeto:

1) ARFoundation e ARCore
   - Para o funcionamento correto da nossa aplicação é necessário possuir um dispositivo com sistema Android com Interface de Programação de Aplicativos(API) Level 24, Nougat, versão 7,0 ou superior.
2) Manomotion
   - PCPU: Octa-core (4x21 GHz Cortex-A57 & 4x15GHz Cortex-A53).
   - RAM: 3GB
   - Câmera: Qualquer câmera que reconheça imagens no padrão vermelho, verde e azul(RGB).
   - OS: 5.0.2
   - Acesso à internet.

V. Metodologia

O protótipo foi submetido a testes de utilização que nos permitiram chegar a conclusões sobre aspectos educacionais e de usabilidade. A amostragem foi selecionada por conveniência. Com a ajuda de um pesquisador e professor parceiro foi possível realizar os testes com uma turma de último ano de ensino médico técnico de enfermagem.

Na primeira fase, o executável foi disponibilizado à toda turma, junto com instruções de acesso ao questionário na plataforma Google Formulários. É importante ressaltar que nenhuma instrução referente execução do aplicativo foi

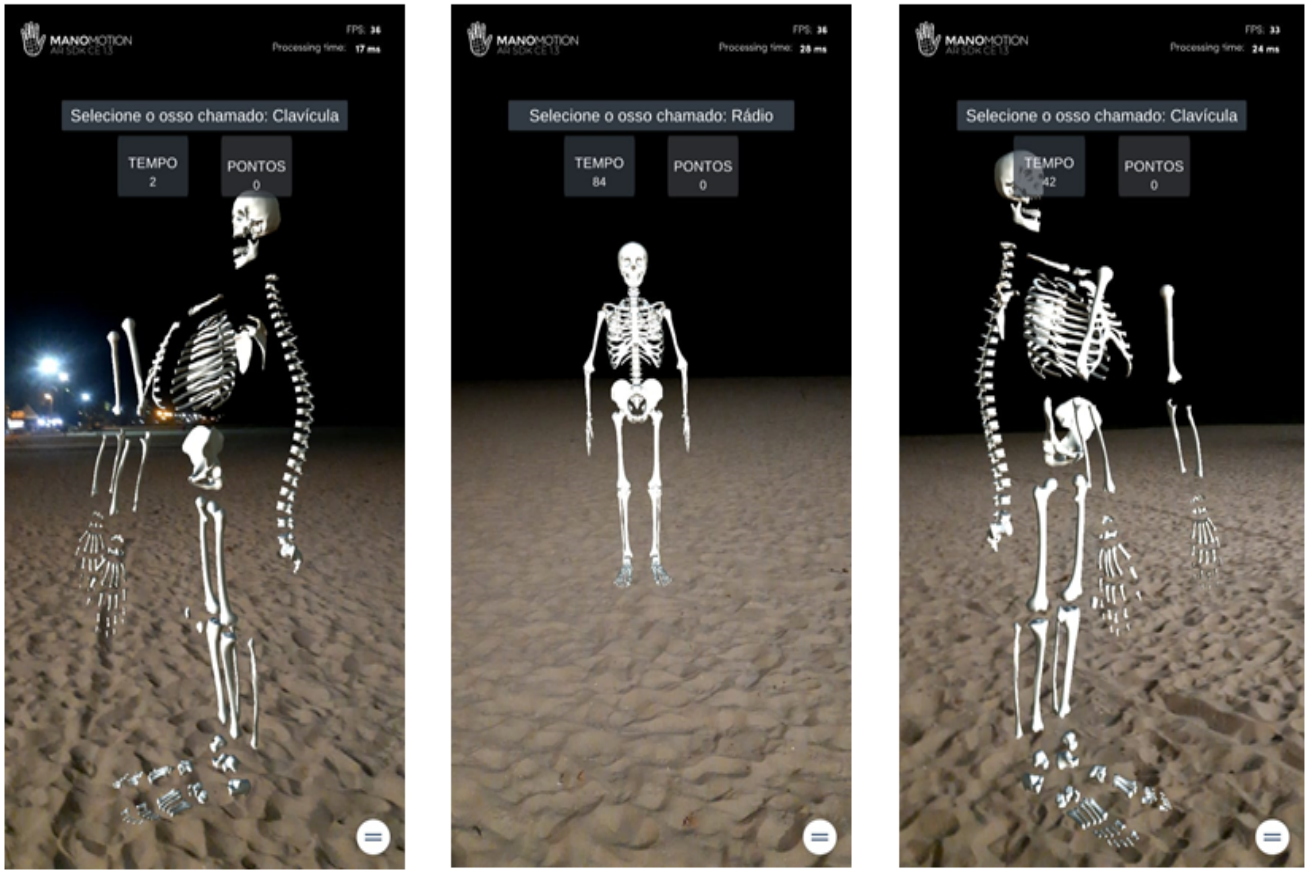

Fig. 2. Aplicativo renderizando o esqueleto em um ambiente real (neste caso uma de praia a noite).

Fig. 3. Esqueleto no sistema bidimensional.

Fig. 4. Osso selecionado no esqueleto do sistema bidimensional.

fornecida aos participantes, a fim de verificar a intuitividade e nível facilidade de compreensão do sistema. Além do mais, durante todo o processo não tivemos contato direto com os participantes com o propósito de minimizar o risco de contágio com o COVID-19.

Ao todo o executável foi disponibilizado para um grupo de 28 (vinte e oito) alunos. Como todo aluno esteve livre para recusar-se a participar a todo o momento, tivemos ao final um total de 11 (onze) respostas coletadas.

A segunda fase consistia em um período de uma semana para os participantes utilizarem livremente a aplicação. Nesse período, também oferecemos apoio aos participantes para a resolução de problemas de instalação e funcionamento da aplicação. No decorrer dessa fase, apenas três alunos relataram problemas. Dois desses relataram não conseguirem executar no sistema IOS e nós reforçamos a informação que o aplicativo

foi projetado para executar apenas sobre sistemas operacionais Android superiores ao 7.0. O outro participante informou não conseguir executar a aplicação mesmo em um sistema operacional Android superior ao 7.0, com isso notamos que alguns modelos da XIAOMI não possuem compatibilidade com a API ARCore. Em decorrência disso, o problema do participante não pode ser resolvido, mas passamos a disponibilizar uma tabela completa com os dispositivos que possuem compatibilidade com a API. Essa tabela pode ser visualizada no seguinte domínio https://developers.google.com/ar/devices.

Na terceira e última fase, coletamos as respostas dos participantes. Todo o questionário possuía um cunho quantitativo e foi projetado com a finalidade de quantificar o êxito da aplicação tanto referente aos aspectos educacionais quanto os de usabilidade.

VI. Resultados

O protótipo foi submetido a testes que nos permitiram chegar a conclusões tanto sobre aspectos de usabilidade quanto de aprendizagem. A amostragem apresentada nos resultados foi composta por 11 (onze) participantes, dos sexos masculino e feminino, todos de uma mesma turma de último período de ensino médico técnico de enfermagem. É importante ressaltar que todos os participantes possuíam um conhecimento prévio de anatomia humana, já sendo apresentados anteriormente a essa disciplina no currículo didático do curso.

Todos os participantes jogaram livremente o jogo, por até 7 (sete) dias, e em seguida responderam a um total de 20 (vinte) perguntas, todas de caráter subjetivo e quantitativo. Dividimos as perguntas em um único questionário de três partes, sendo elas: sobre a interface do sistema em realidade aumentada, sobre a interface do sistema de puzzle e sobre o aprendizado geral. As respostam deveriam dar notas aos itens em avaliação em uma escala de 1 a 5, sendo definida a nota 1 como o menor nível de aprovação e a nota 5 como o maior nível de aprovação possível.

Em seguida, nas Tabela I, Tabela II e Tabela III, é possível observar as perguntas agrupadas respectivamente em: a) sobre a interface do sistema em realidade aumentada, b) sobre a interface do sistema de puzzle e c) sobre o aprendizado geral. Ao lado da pergunta há suas respectivas médias obtidas com a amostragem da pesquisa. É importante salientar que as respostas aqui apresentadas são referentes ao sistema como um todo, ou seja, foi necessário a todos jogar e levar em consideração os dois subsistemas propostos para responder o questionário.

VII. Conclusão

Apesar da interface ainda não disponibilizar todos os ossos do sistema esquelético, em uma análise preliminar os resultados são satisfatórios. Os participantes da pesquisa conseguiram fazer uso da aplicação de forma intuitiva, não enfrentando problemas para sua instalação e execução.

Além do mais, os resultados indicam que ambos os subsistemas apresentam uma interface funcional e compreensível, além de serem considerados relevantes para o aprendizado da anatomia óssea. No entanto, foi possível inferir que ambos os sistemas disponíveis na aplicação necessitam de um melhor feedback visual, principalmente no que tangem a informação do progresso do usuário.

Conclui-se que, em que pese à necessidade de melhorias pontuais e a implementação dos ossos restantes, os resultados até o momento são otimistas. O projeto em sua fase inicial cumpre com a proposta de oferecer uma ferramenta barata e acessível aos alunos, tanto por meio de um sistema mais complexo e imersivo em realidade aumentada, quanto por meio de uma solução secundária, mais simples e sem o uso da tecnologia RA. Por fim, acreditamos no potencial da solução apresentada para agregar valor ao ensino de anatomia óssea.

VIII. Trabalhos Futuros

Entende-se que há necessidade de uma nova amostragem com estudantes do ensino superior que também fazem parte

Tabela I
Perguntas sobre a interface do sistema em realidade aumentada

Pergunta	***Média***
É fácil o manuseio do objeto?	4,36
O controle gestual é compatível com o movimento?	4,81
O texto fornecido neste sistema é claro?	4,36
O feedback sonoro é claro?	4,36
O tempo de resposta/latência da aplicação é apropriado?	4,72
Na aplicação em realida de aumentada foi possível perceber que os objetos estão em 3D?	5,00
É difícil cometer erros na aplicação?	4,09
A aplicação informa sobre seu progresso de forma clara?	3,81

Tabela II
Perguntas sobre a interface do sistema de puzzle

Pergunta	***Média***
O texto fornecido neste sistema é claro?	4,36
O feedback sonoro é claro?	4,81
O feedback visual é claro?	4,18
A aplicação informa sobre seu progresso de forma clara?	4,36
O texto fornecido neste sistema é claro?	4,18
O quebra cabeça é apresentado de forma intuitiva?	4,72

Tabela III
Perguntas sobre o aprendizado

Pergunta	***Média***
Você ficou satisfeito com a aplicação?	4,72
Você acredita que a aplicação tem relevância para o campo?	4,81
Você achou divertida a aplicação?	4,63
A aplicação traz uma facilidade de aprendizagem maior que as metodologias de ensino convencionais?	4,90
A aplicação traz uma motivação para o aprendizado maior que as metodologias de ensino convencionais?	5,00
Você recomendaria para um amigo (estudante ou profissional) da área da saúde?	5,00
É difícil cometer erros na aplicação?	4,09
A aplicação informa sobre seu progresso de forma clara?	3,81

do público alvo da aplicação. No entanto, para tal fato os pesquisadores aguardam a liberação do comitê de ética para proceder com a pesquisa no campus universitário.

Outro aspecto a destacar é a necessidade de uma pesquisa mais aprofundada que compare não só as opiniões pessoais dos participantes, mas também seu desempenho acadêmico antes e depois do uso da solução aqui apresentada, ou seja, que se verifiquem as opiniões dos professores e instrutores sobre a implementação desenvolvida e sua efetividade no aprendizado. Uma demo do sistema apresentado está disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=jz7LFMRfeio&ab_channel=Jo%C3%A3oVitorUFF.

AGRADECIMENTOS

Os dois primeiros autores, P.C.S. e J.V.S.C., agradecem à CAPES pelo apoio na pesquisa. A.C. é apoiada parcialmente pelo projeto MACC-INCT, pelo TICs4CI (CYTED), CNPq (projetos 402988 / 2016-7 e 305416 / 2018-9) e pela FAPERJ (projetosSIADE-2, e-Health Rio e Digit3D).

REFERÊNCIAS

[1] E. Brenner, H. Maurer, M. Bernhard, e A. Pomaroli, "General educational objectives matched by the educational method of a dissection lab", 2003. http://www.researchgate.net/publication/287959675_General_educational_objectives_matched_by_the_educational_method_of_a_dissection_lab (acessado mar. 23, 2021).

[2] W. W. Cottam, "Adequacy of medical school gross anatomy education as perceived by certain postgraduate residency programs and anatomy course directors", Clin. Anat. N. Y. N, vol. 12, no 1, p. 55–65, 1999, doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(1999)12:1¡55::AID-CA8¿3.0.CO;2-O.

[3] R. D. Cahill, J. Hardy, e S. C. Marks, "Standards in health care and medical education", Clin. Anat., vol. 13, p. 150–150, jan. 2000, doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(2000)13:2¡150::AID-CA12¿3.0.CO;2-V.. 271–350.

[4] J. C. McLachlan, J. Bligh, P. Bradley, e J. Searle, "Teaching anatomy without cadavers", Med. Educ., vol. 38, no 4, p. 418–424, abr. 2004, doi: 10.1046/j.1365-2923.2004.01795.x.

[5] M. Estai e S. Bunt, "Best teaching practices in anatomy education: A critical review", Ann. Anat. - Anat. Anz., vol. 208, p. 151–157, nov. 2016, doi: 10.1016/j.aanat.2016.02.010.

[6] K. Sugand, P. Abrahams, e A. Khurana, "The anatomy of anatomy: a review for its modernization", Anat. Sci. Educ., vol. 3, no 2, p. 83–93, abr. 2010, doi: 10.1002/ase.139.

[7] M. Ma, K. Bale, e P. Rea, "Constructionist Learning in Anatomy Education: What Anatomy Students Can Learn through Serious Games Development", in Serious Games Development and Applications, vol. 7528, M. Ma, M. F. Oliveira, J. B. Hauge, H. Duin, e K.-D. Thoben, Orgs. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, p. 43–58. doi: 10.1007/978-3-642-33687-4_4.

[8] J. Iwanaga, M. Loukas, A. S. Dumont, e R. S. Tubbs, "A review of anatomy education during and after the COVID19 pandemic: Revisiting traditional and modern methods to achieve future innovation", Clin. Anat., vol. 34, no 1, p. 108–114, jan. 2021, doi: 10.1002/ca.23655.

[9] M. Singh e M. P. Singh, "Augmented Reality Interfaces", IEEE Internet Comput., vol. 17, no 6, p. 66–70, nov. 2013, doi: 10.1109/MIC.2013.107.

[10] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, e B. MacIntyre, "Recent advances in augmented reality", IEEE Comput. Graph. Appl., vol. 21, no 6, p. 34–47, dez. 2001, doi: 10.1109/38.963459.

[11] V. F. Martins, "Desafios para o uso de Realidade Virtual e Aumentada de maneira efetiva no ensino", p. 10, 2012.

[12] S. Zagoranski e S. Divjak, "Use of augmented reality in education", in The IEEE Region 8 EUROCON 2003. Computer as a Tool., Ljubljana, Slovenia, 2003, vol. 2, p. 339–342. doi: 10.1109/EUROCON.2003.1248213.

[13] S. Bigdeli e D. Kaufman, "Digital games in medical education:Key terms, concepts, and definitions", Med. J. Islam. Repub. Iran, vol. 31, no 1, p. 300–306, dez. 2017, doi: 10.14196/mjiri.31.52.

[14] C. M. Kuhn e E. M. Flanagan, "Self-care as a professional imperative: physician burnout, depression, and suicide", Can. J. Anesth. Can. Anesth., vol. 64, no 2, p. 158–168, fev. 2017, doi: 10.1007/s12630-016-0781-0.

[15] G. Blakely, H. Skirton, S. Cooper, P. Allum, e P. Nelmes, "Use of educational games in the health professions: a mixed-methods study of educators' perspectives in the UK", Nurs. Health Sci., vol. 12, no 1, p. 27–32, mar. 2010, doi: 10.1111/j.1442-2018.2009.00479.x.

[16] D. Rojas, B. Kapralos, e A. Dubrowski, "The Role of Game Elements in Online Learning within Health Professions Education", Stud. Health Technol. Inform., vol. 220, p. 329–334, 2016.

[17] E. T. Ang, J. M. Chan, V. Gopal, e N. Li Shia, "Gamifying Anatomy Education", Clin. Anat., vol. 31, no 7, p. 997–1005, out. 2018, doi: 10.1002/ca.23249.

[18] M. J. Ackerman, "The Visible Human Project", Proc. IEEE, vol. 86, no 3, p. 504–511, mar. 1998, doi: 10.1109/5.662875.

[19] T. Schiemann et al., "Exploring the Visible Human using the VOXEL-MAN framework", Comput. Med. Imaging Graph., vol. 24, no 3, p. 127–132, maio 2000, doi: 10.1016/S0895-6111(00)00013-6.

[20] D. Kondo, H. Suzuki, R. Kijima, e T. Maeda, "Remote education system using virtual anatomical model", in 2010 16th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Seoul, Korea (South), out. 2010, p. 375–377. doi: 10.1109/VSMM.2010.5665930.

[21] R. G. Thomas, N. William John, e J. M. Delieu, "Augmented Reality for Anatomical Education", J. Vis. Commun. Med., vol. 33, no 1, p. 6–15, mar. 2010, doi: 10.3109/17453050903557359.

[22] J. Ferrer-Torregrosa, M. Á. Jiménez-Rodríguez, J. Torralba-Estelles, F. Garzón-Farinós, M. Pérez-Bermejo, N. Fernández-Ehrling, "Distance learning ects and flipped classroom in the anatomy learning: comparative study of the use of augmented reality, video and notes", BMC Med. Educ., vol. 16, no 1, p. 230, 2016, doi: 10.1186/s12909-016-0757-3.

[23] U. Andayani, B. Siregar, S. Hernina Pulungan, M. F. Syahputra, M. A. Muchtar, e D. Arisandi, "A Visualisation of 3D Lung Anatomy with Augmented Reality as Interactive Medical Learning", J. Phys. Conf. Ser., vol. 1235, p. 012095, jun. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1235/1/012095.

[24] M. Ma et al., "Personalized augmented reality for anatomy education: Personalized Augmented Reality", Clin. Anat., vol. 29, no 4, p. 446–453, maio 2016, doi: 10.1002/ca.22675.

[25] M. H. Kurniawan, Suharjito, Diana, e G. Witjaksono, "Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application", Procedia Comput. Sci., vol. 135, p. 80–88, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.08.152.

[26] P. Stefan et al., "An AR edutainment system supporting bone anatomy learning", in 2014 IEEE Virtual Reality (VR), Minneapolis, MN, USA, mar. 2014, p. 113–114. doi: 10.1109/VR.2014.6802077.

[27] J. V. Chagas, P. Santiago, A. Conci, (2020). BN Anatomy an Interactive Augmented Reality System for Learning Bone Anatomy. In Int. Conf. Game Entertain. Technol. GET 2020 (pp. 206-210).

[28] P. C. Santiago, J. V. da Silva Chagas, A.Conci, (2021, June). Developing Innovative Models for Learning in Social Isolation Environments: Exemplifying it for the Bone Anatomy Study. In Proceedings of the 1st Life Improvement in Quality by Ubiquitous Experiences Workshop. SBC.