

Desenvolvimento e Avaliação do Serious Game AnemiaAR como Apoio ao Ensino de Hematologia

Cassiano J. M. Stefani¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Universidade de Passo Fundo (UPF)
Caixa Postal 611 – 99052-900 – Passo Fundo – RS – Brazil

157346@upf.br

Abstract. *This paper reports the development and validation of a serious game to support the teaching of Anemia, called AnemiaAR. Iron deficiency anemia is a disease characterized by the lack of iron in the body, causing a reduction in the production of hemoglobin and red blood cells. The game simulates a doctor's appointment, where the player goes through the patient's organs: bloodstream, bone marrow, liver and intestine, needing to give an accurate diagnosis and treatment in the end. The game was developed using participatory design, agile methods, and the Unity game engine for the Microsoft HoloLens device. To validate the game, 20 subjects tested the application, following a personalized test protocol to measure, among others, the player's learning and experience. The results show the positive acceptability and suggest a gain in the teaching and learning process about anemia in the subjects of the study.*

Resumo. *Este trabalho relata o desenvolvimento e a validação de um serious game como apoio ao ensino de Anemia, denominado AnemiaAR. A anemia ferropriva é uma doença caracterizada pela falta de ferro no organismo, ocasionando na diminuição na produção de hemoglobina e hemácias. O jogo simula uma consulta ao médico, onde o jogador passa pelos órgãos do paciente: corrente sanguínea, medula óssea, fígado e intestino, necessitando ao final dar um diagnóstico e tratamento precisos. O jogo foi desenvolvido utilizando design participativo, métodos ágeis, e a game engine Unity para o dispositivo Microsoft HoloLens. Para validar o jogo, 20 sujeitos testaram a aplicação, seguindo um protocolo de teste personalizado para medir, entre outros, o aprendizado e a experiência do jogador. Os resultados mostram a aceitabilidade positiva bem como sugere um ganho no processo de ensino e aprendizagem sobre a anemia nos sujeitos objetos do estudo.*

1. Introdução

Considerando a inserção de estudantes da geração “Millennials” nos primeiros anos de Ensino Superior, nota-se uma crescente influência de jogos e mídias digitais de rápido feedback na maneira como este público interage com a aquisição e transmissão de conteúdo em sala de aula. Percebe-se, por exemplo, a importância de usar aplicações ricas em imagens e recursos interativos para auxiliar na descoberta de conhecimento e experimentação de conceitos, ao invés da abstração e da leitura tradicional [Sweeney 2007]. Surge a questão de como o ensino pode acompanhar o avanço tecnológico, se tornando mais atrativo e eficaz.

Neste contexto, aplicações em Realidade Misturada (RM) vêm se tornando uma melhor abordagem para diversas áreas. Algo que caracteriza este fato, é a habilidade da RM de projetar elementos virtuais acima do ambiente real do usuário, tornando a experiência mais realística e interativa [Zarzueta et al. 2013]. Estas aplicações também se mostram úteis, por exemplo, no auxílio ao ensino à diversas áreas do conhecimento. Entre elas, pode-se destacar o ensino de Medicina, uma vez que permitem a interação do aluno dentro de um ambiente que visa facilitar a visualização de conteúdos de maneira mais palpável do que desenhos em livros, auxiliando na compreensão de ideias.

Seguindo a ideia, jogos sérios (serious games) podem ser utilizados como ferramenta de apoio ao ensino, aproximando a expectativa e a facilidade com que estudantes tem ao interagir com jogos em geral, uma vez que possibilitam a navegação em ambientes virtuais tridimensionais (e/ou imersivos) preparados para transmitir conhecimento. Este tipo de jogo pode ser definido como uma aplicação interativa, com objetivo desafiador, divertida e atraente, possuindo algum mecanismo de pontuação e que após a experiência, provê ao jogador habilidades, conhecimento ou comportamentos úteis na vida real [Graafland et al. 2012].

Deste modo, o trabalho apresentado aqui tem por objetivo dar sequência à pesquisa realizada por Bianchi et al. [Bianchi et al. 2021]. Para tanto, foi finalizado o desenvolvimento do jogo AnemiaAR e também foram realizados testes de validação com a aplicação completa, buscando medir principalmente o fator de aprendizado gerado na interação. Em segundo plano, também foram avaliados fatores como aceitabilidade e experiência do usuário.

As próximas seções do artigo apresentam o projeto, um conjunto de trabalhos relacionados (Seção 2), materiais e métodos utilizados (Seção 3), resultados obtidos (Seção 4) e por fim as conclusões e trabalhos futuros (Seção 5).

2. Trabalhos Relacionados

Conforme Bianchi et al. [Bianchi et al. 2021] os “Serious Games podem ser ferramentas de apoio educacional úteis para diversas áreas do conhecimento, como a Medicina. Essas aplicações, aliadas a tecnologias como a Realidade Misturada, fornecem uma experiência diferenciada que pode aumentar o engajamento de alunos e professores. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi apresentar o desenvolvimento do AnemiaAR, um Serious Game de Realidade Misturada para apoio ao ensino de hematologia, capaz de auxiliar alunos e professores na visualização e apresentação de conceitos de anemia. Essa aplicação foi avaliada preliminarmente considerando o uso de um questionário sociodemográfico e de caracterização da amostra, de um questionário baseado no modelo Technology Acceptance Model, e de dois módulos do questionário Game Experience Questionnaire. Participaram do estudo piloto 14 alunos de Medicina da Universidade de Passo Fundo. Os resultados preliminares foram satisfatórios, mostrando boa aceitação e experiência positiva em relação ao jogo, além de indicar melhorias. O estudo também apontou diferenças na avaliação do jogo entre participantes, considerando a experiência anterior em jogos, o curso prévio da disciplina de Hematologia, e o tempo gasto para executar as tarefas do jogo”. É importante notar que os testes preliminares realizados no trabalho citado, consideraram somente os níveis um e dois do jogo AnemiaAR.

Stefan et al. [Stefan et al. 2014] desenvolveram um jogo educacional em Reali-

dade Aumentada (RA), onde os usuários aprendem sobre anatomia óssea humana. Foi utilizado o sensor Microsoft Kinect [Developer 2021] para a captura de imagens e gestos. Durante o jogo, os elementos são projetados sobre o corpo do usuário. O objetivo é escolher um de 16 subgrupos ósseos disponíveis. Em sequência, o jogador precisa utilizar a mão para posicionar a estrutura sobre o próprio corpo. Ao mesmo tempo, é apresentada uma tela de informações relacionadas a cada um dos grupos. O jogo foi testado com estudantes e um professor da área de anatomia, tendo uma boa aceitabilidade. Porém, uma mudança proposta foi aumentar o número de divisões do esqueleto, ou até torná-lo dinâmico, para que alunos mais avançados tenham uma melhor experiência.

Já Soto-Fernandez et al. [Soto-Fernandez et al. 2015] criaram um aplicativo em RA utilizando dispositivos táteis, como auxílio ao aprendizado da anatomia do olho humano. O sistema mistura conceitos tradicionais de ensino, com elementos de jogo, visando aumentar o engajamento dos sujeitos. O aplicativo possui dois modos de interação. O primeiro é o de exploração, permitindo ao usuário navegar livremente pelo ambiente e aprender as estruturas anatômicas do olho. O segundo modo é o de avaliação, tendo por objetivo identificar cada parte corretamente. Neste modo o aluno é supervisionado por um professor. Para o desenvolvimento da aplicação, foram utilizados Unity e Vuforia [Vuforia 2021]. Já para a validação, o software foi testado com seis sujeitos. Mostrando que os elementos de jogo foram bem recebidos, porém que o dispositivo tátil não contribuiu muito para o aprendizado.

Por outro lado, Johnson e Sun [Johnson and Sun 2013] pesquisaram sobre o apoio ao ensino das estruturas anatômicas do corpo humano por meio de uma aplicação de RA. No jogo, cada usuário fica em frente a um projetor, em seguida imagens 3D de partes do corpo são mostradas sobre o jogador, então o computador fala uma estrutura, sendo necessário apontar com a mão o local correto em um tempo pré-determinado. Informações detalhadas sobre cada parte do corpo podem ser requisitadas pelo jogador a qualquer momento. Foram realizados diversos testes com a aplicação. No geral, a aceitabilidade foi boa e os professores relataram o feedback instantâneo da aplicação e ter o aluno como centro do aprendizado, como fatores de sucesso.

Por fim, Ochoa-Casas et al. [Ochoa-Casas et al. 2015] buscaram aprimorar o ensino do acesso venoso central em pacientes recém nascidos. Para tanto, foi desenvolvida uma aplicação em RA com elementos de jogo. O sistema tem como alvo a plataforma Android e para o desenvolvimento, foram utilizados Unity e Vuforia. A aplicação possui dois estágios: exploração e validação. No primeiro, o jogador pode visualizar através da tela de um tablet ou celular, as estruturas anatômicas referentes ao acesso venoso central, que são projetadas sobre um manequim infantil real. No segundo estágio, o usuário deve responder uma série de cinco perguntas, identificando cada estrutura por nome e nível de importância. Para a validação do jogo, quatro estudantes médicos e um profissional da área de simulação médica experimentaram a aplicação. Todos concordaram que o aplicativo complementa o processo de aprendizado.

É importante ressaltar que o foco principal dos trabalhos citados nesta seção foi em itens como: usabilidade, engajamento, aceitabilidade, experiência do usuário, entre outros fatores. Já este trabalho busca entender principalmente se houve alguma aquisição de conhecimento sobre anemia ferropriva, por meio do uso de pré e pós testes, após a interação do sujeito com a aplicação.

3. Materiais e Métodos

As próximas subseções apresentam o conceito do jogo, as ferramentas utilizadas, o processo de desenvolvimento e implementação da aplicação e também o protocolo utilizado para validação e testes.

3.1. Conceito do Jogo

O jogo desenvolvido, denominado AnemiaAR, simula uma consulta ao médico. No início, uma mãe chega ao consultório com seu bebê, pois ele possui alguns sintomas. Ela tem em mãos o hemograma da criança, que num primeiro momento está vazio. O médico, então, realiza o atendimento para ver o que está acontecendo. O objetivo do jogador, no papel do médico, é passar pelos níveis até completar o hemograma e poder dar um diagnóstico e tratamento precisos à família.

O primeiro nível é o da coleta do sangue, onde é apresentado ao jogador: um vaso sanguíneo, hemácias circulando na corrente, um tubo de ensaio, uma vitrine com informações e uma centrífuga. O objetivo deste nível é coletar e centrifugar hemácias. Ao final, o hemograma recebe algumas informações e o usuário pode seguir para o próximo nível.

O nível seguinte se passa na medula óssea do bebê. De início, o jogador guia uma célula mãe até que ela evolua para hemácia, visualizando seu processo de maturação. Em seguida, diversas evoluções são apresentadas e acontecem simultaneamente na esteira. Enquanto isso, o jogador deve arremessar moléculas de ferro nas células em crescimento, auxiliando no processo de formação da hemoglobina.

Em sequência vem o fígado, onde está localizado o sistema de estoque de ferro. Aqui o jogador pode escolher entre guardar ou liberar o mineral para a medula óssea, auxiliando no processo de criação das hemácias visto no nível anterior. O objetivo é passar o máximo de ferro possível de volta a corrente sanguínea, aumentando assim, a hemoglobina do paciente.

Por fim, o jogador é levado para o intestino. Aqui é apresentado uma seção do órgão, onde é possível observar algumas das estruturas presentes na absorção do ferro. Durante o nível, alimentos se movimentam dentro do intestino, cada qual possuindo um valor pré-definido do mineral. É então dever do jogador selecionar as melhores fontes de ferro para o bebê.

Todos os níveis que se passam dentro do paciente, possuem jogabilidade baseada no conceito de escape games, onde os jogadores devem observar o ambiente, decifrar dicas e interagir com objetos para passar de nível ou sair do atual. Buscando assim, aumentar a sensação de dever cumprido do jogador, sendo o mesmo que resolveu o problema e adquiriu o conhecimento.

Ao final de cada nível, o hemograma é preenchido com informações laboratoriais adicionais, relacionadas aos conceitos vistos em cada nível. Seguindo isto, na transição entre níveis, é mostrado ao jogador, um resumo dos conceitos vistos até o momento.

Para medir o progresso geral do jogador, foi inserido ao jogo um sistema de pontos. Cada nível é dividido em desafios, ao completar cada desafio, o jogador recebe um certo número de pontos, baseado em quanto tempo se passou entre cada feito. Os pontos

são somados num placar global e o tempo é contado apenas em intervalos onde o jogador pode realizar qualquer tipo de ação.

Após finalizar o intestino, o jogador volta ao consultório médico. Onde se encontra o último desafio. Ele deve responder duas questões fundamentais: qual o diagnóstico do paciente e qual a forma correta de tratá-lo. Por fim é apresentado ao jogador sua pontuação final, juntamente ao placar contendo os cinco melhores jogadores.

3.2. Ferramentas Utilizadas

A aplicação foi desenvolvida na game engine Unity [Unity 2021], versão 2019.2.8f1. Esta ferramenta facilita o processo de criação dos jogos, pois dispõe de vários recursos e possibilitando programar, animar, construir cenários, testar e compilar jogos para diversas plataformas, incluindo consoles, tudo dentro do mesmo ambiente.

O jogo também foi projetado para utilizar os recursos do dispositivo Microsoft HoloLens [Microsoft 2020] ¹, um equipamento de realidade misturada que permite o controle por parte de gestos e comandos de voz, juntamente a apresentação visual por meio de hologramas e mapeamento 3D. A Figura 1 apresenta o modelo utilizado neste projeto.



Figura 1. Modelo de hardware do HoloLens (1ª gen) utilizado no projeto Fonte: <https://docs.microsoft.com/pt-br/hololens/hololens1-hardware>

Para a comunicação com este dispositivo, utilizou-se o conjunto de ferramentas Mixed Reality Toolkit (MRTK) [Github 2020], desenvolvido pela mesma empresa. O MRTK permite a criação de aplicações em realidade misturada, integrando-se na interface gráfica do Unity, facilitando assim, a aprendizagem e o processo de criação dos desenvolvedores.

Diversos modelos 3D foram necessários para a população dos níveis, alguns deles são: corrente sanguínea, medula óssea, intestino, fígado, centrífuga, entre outros. Para criação destes modelos, foram utilizados os softwares 3ds Max [Autodesk 2020] no início e Blender [Blender 2021] nas etapas finais. Ambas as ferramentas trabalham com modelagens tridimensionais. Nelas, foram criados todos os objetos dos níveis do jogo, considerando a malha e a aplicação de materiais. Na concepção, foram utilizadas imagens de referências enviadas pelos alunos do curso de Medicina da UPF. A Figura 2 apresenta alguns dos diversos modelos construídos para o jogo.

¹A 2ª geração do dispositivo Microsoft HoloLens em julho de 2021 custa em torno de R\$ 50.000,00

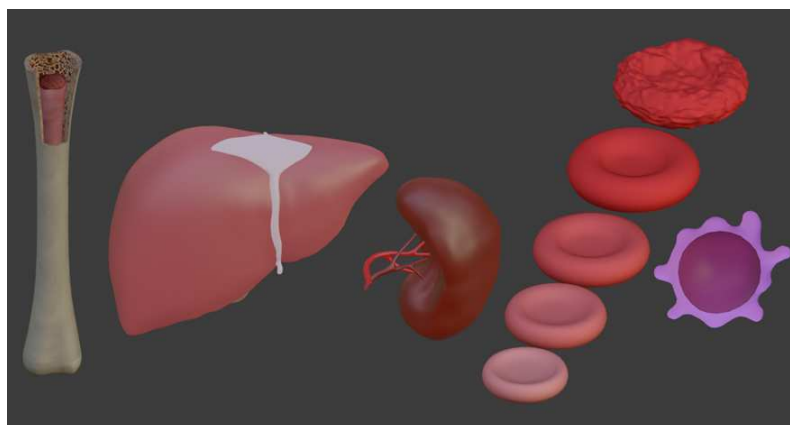


Figura 2. Modelos 3D representando algumas estruturas do corpo

O jogo foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar, composta por estudantes e professores dos cursos de Medicina, Arquitetura e Urbanismo e Computação da UPF. Durante o desenvolvimento, foi utilizado o modelo de Design Participativo [Bonfim et al. 2019], incluindo o usuário final (os alunos e professores de Medicina) no processo de criação da aplicação. Também foi utilizado um modelo de organização similar ao método ágil Scrum [Schwaber and Sutherland 2011], onde a equipe do projeto atendeu a reuniões semanais, validando o trabalho realizado e discutindo os próximos passos. Para o controle das tarefas, foi utilizado o aplicativo Trello [Atlassian 2021], que permite o uso de cartões e listas para o gerenciamento das atividades definidas em cada reunião de projeto. O aplicativo também se mostrou útil para que os alunos e professores de Medicina pudessem validar os modelos 3D criados para cada nível do jogo.

O método de avaliação utilizado foi fortemente baseado no discutido por Oliveira et al. [Oliveira et al. 2019], que busca medir a eficácia da aplicação do jogo, nos níveis de reação e aprendizado que foram propostos por Kirkpatrick e Kirkpatrick [Kirkpatrick and Kirkpatrick 2006]. Foram feitas modificações no protocolo proposto para acomodar as necessidades deste projeto. De acordo com o método citado, foram criados os seguintes questionários para avaliação do jogo: a) perfil do jogador, b) pré e pós-testes, c) avaliação do jogo e d) anotações do observador. O questionário de comparação de jogos não foi utilizado por não se encaixar no projeto atual. A seguir é apresentada com mais detalhes a função de cada formulário.

O formulário de perfil do jogador serve tanto para a caracterização da amostra, contendo dados como idade, sexo, gênero, entre outros. Como também delimita a familiaridade dos sujeitos com jogos educacionais, o HoloLens e termos como realidade misturada. Para medir o aprendizado adquirido, foram criados os pré e pós testes, contendo um conjunto de dez perguntas e respostas sobre anemia, sendo elas abertas e fechadas. Observa-se, também, que todas as respostas das perguntas feitas nos pré e pós testes foram colocadas no jogo, ou seja, passaram por validação da equipe pedagógica, na busca de que o jogo contém as respostas. O questionário do observador serviu para anotação de dúvidas e limitações encontradas pelo jogador durante o jogo. O último questionário é o da avaliação do jogo onde são mensurados aspectos como jogabilidade, usabilidade, aceitabilidade, interface gráfica, entre outros. A versão completa e detalhada de cada

formulário está disponível online no Google Drive ².

3.3. Desenvolvimento do Jogo

O desenvolvimento da aplicação começou pelo nível da coleta de sangue, onde foram modeladas uma corrente sanguínea e um grupo de quatro hemácias, cada uma possuindo um valor celular diferente. Para que as hemácias pudessem circular na corrente sanguínea, foram utilizadas curvas de Bézier e a biblioteca implementada por [Lague 2019]. Estas estruturas matemáticas possibilitam que o movimento dos objetos aconteça de forma mais orgânica. Cada curva pode ser manipulada por meio de quatro pontos, porém o resultado é limitado. Deste modo, é possível conectar mais de uma, tendo o que é chamado de Bézier splines [Pomax 2020]. Foram definidas cinco splines dentro do vaso sanguíneo, por onde as células deviam circular.

Após, foram desenvolvidos a coleta das hemácias em grupo, e a colocação dentro do tubo de ensaio. Em sequência, os modelos da mesa, centrífuga, vitrine de células e hemograma foram adicionados ao nível. A vitrine de células mostra o valor celular de cada hemácia, para que o jogador perceba a diferença entre elas. Cada célula também recebeu uma cor e tamanho únicos, baseados em seu valor. Surgiu, então, a necessidade de que as hemácias na corrente estivessem numa proporção onde, as com menor valor seriam mais frequentes, demonstrando a situação anêmica do paciente.

Com os modelos posicionados no nível, o movimento do tubo de ensaio, as animações da centrífuga e o processo de centrifugação foram programados. Após, os valores de volume celular médio, hematócrito e número de hemácias por mL foram adicionados ao hemograma. Em seguida, foi desenvolvido o sistema de desafios, pontuação e tempo. Para finalizar o nível, estes valores foram adicionados à interface gráfica do jogo, junto a botões de navegação entre os níveis. A Figura 3 mostra parte deste primeiro cenário.



Figura 3. Bancada com centrífuga e vitrine no primeiro nível

Já no nível da medula óssea, o desenvolvimento começou pela evolução manual de uma célula mãe. Foram criadas duas caixas onde ficam as globinas de cadeia alfa e beta, juntamente com uma célula pronta para recebê-las. Então, foi programado a leva de duas cadeias de cada tipo até a futura hemácia. Tendo esta primeira parte funcionando, foram

²Questionários compartilhados: <https://bityli.com/MIzGv>

modelados e importados os outros estágios de evolução e também uma esteira. Então o processo manual de evolução das hemácias foi desenvolvido.

Para a criação do processo automático foram utilizadas splines, formando um circuito em cima da esteira, gerando o movimento de rotação e evolução em um tempo parametrizado. Como parte do processo de evolução, foi implementada a vinda da transferrina, trazendo até duas moléculas de ferro de cada vez. Para simular a situação anêmica do paciente, foi necessário limitar os ferros trazidos para aproximadamente 20% do total possível. Em seguida foi desenvolvida a interação do jogador com o ferro, possibilitando a inserção do elemento nas células em crescimento. A origem da transferrina no nível foi dada pela criação de uma corrente sanguínea genérica, onde hemácias circulam, porém sem funcionalidades específicas. A Figura 4 demonstra o processo automático de maturação das células.



Figura 4. Células amadurecendo em paralelo na medula óssea

O último passo para finalizar a medula óssea foi o movimento de saída dos reticulócitos (hemácias jovens), da esteira para a corrente sanguínea, finalizando, com isso, o processo de criação e evolução das células. Foi necessário que os reticulócitos saíssem da esteira mesmo não estando com ferros suficientes. Outra restrição foi a proporção de reticulócitos no sangue de 1%, fazendo com que cada reticulócito só fosse liberado, após a passagem de 99 hemácias na corrente. Também foi importada a interface gráfica do nível anterior, seguindo alguns ajustes para comportar o novo nível. Por fim, os valores de hemoglobina, hemoglobina corpuscular média (HCM) e a porcentagem de reticulócitos foram adicionados ao hemograma.

Para auxiliar o jogador, foram gravadas algumas dicas com a voz dos alunos de medicina. Estes sons foram selecionados para serem executados em determinadas etapas de cada nível. Já para direcionamento visual, foi criada uma imagem que mostra todos os elementos presentes nos níveis, junto a efeitos de partículas com ativação e desativação dinâmicos, orientando o jogador sobre quais elementos devem ser o foco a cada estágio do jogo.

No nível do fígado, foi necessário modelar uma corrente sanguínea que cobrisse toda a extensão visual do ambiente e também criar novas splines para movimentação dos objetos. Em seguida, as transferrinas foram programadas de modo similar as da medula óssea. Também foram inseridas no nível: células de armazenamento de ferro e estantes

no formato de armazém, para representar o sistema de estoque dentro do fígado. Então foi implementada a geração de alguns ferros iniciais nas estantes. Após, foram modelados e inseridos no nível: o baço e o intestino. O primeiro para representar o sistema de reciclagem de hemácias e o segundo para demonstrar o momento onde o ferro é absorvido pelo corpo. Desta forma, as transferrinas podem vir de três fontes: a corrente sanguínea, o baço e o intestino. A Figura 5 mostra o sistema de estoque final desenvolvido.

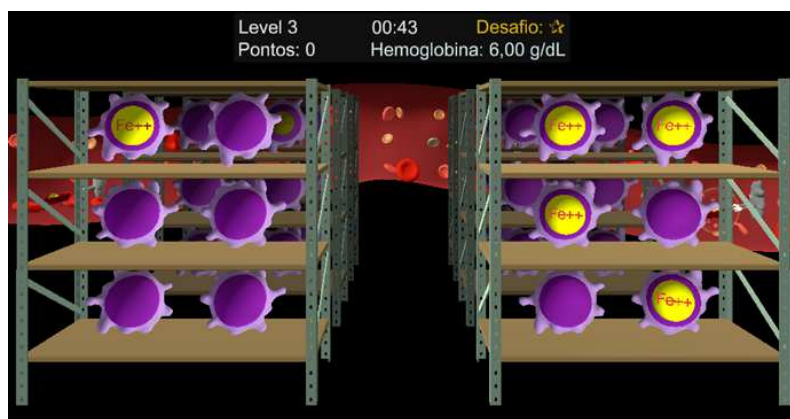


Figura 5. Macrófagos estocando ferro no fígado

A jogabilidade do fígado se dá através de um sistema onde o jogador pode, ao mesmo tempo, coletar ferros tanto do estoque, quanto das transferrinas (elas esperam um determinado tempo dentro do fígado para a ação do jogador), podendo colocá-los em ambos locais (caso escolhida a transferrina, os minerais seguem seu caminho pela corrente até a medula óssea). Como o jogador possui total controle do estoque de ferro, foi adicionado um marcador de hemoglobina na interface do usuário. Demonstrando assim, que numa situação de anemia ferropriva, o sistema de estoque deve dar prioridade a criação de hemoglobina, ao invés de guardar ferros. Para facilitar, o marcador muda de cor, indicando se a ação tomada pelo jogador foi a correta.

Ao entregar todos os ferros do estoque para as transferrinas, o nível é concluído. Sendo assim, o valor de ferritina foi adicionado ao hemograma, junto a possibilidade de seguir para o próximo nível. Neste momento, também foram colocadas as dicas em áudio e as partículas visuais para orientação do jogador.

No nível do intestino, foi criado um modelo 3D do órgão, junto a oito fontes de ferro, sendo elas: beterraba, bolacha, brócolis, carne, chocolate, leite, ovo e suplemento férrico. A cada uma foi vinculado um valor de ferro absorvível e outro para não biodisponível. A seguir, foi implementado um sistema onde os alimentos são criados a partir de uma chance pré-definida e então seguem seu caminho dentro do órgão, sendo removidos do nível quando chegam ao final da parte visível.

Quando o jogador clica em qualquer parte do intestino, um projétil é arremessado com uma certa velocidade, em direção ao ponto de contato. No momento da colisão, o alimento é destruído e moléculas de ferro são criadas em seu lugar. Para simbolizar a absorção, a corrente sanguínea genérica foi colocada abaixo do intestino. Desta forma, o ferro absorvível passa pela parede do intestino, se encaixando nas transferrinas que navegam pela corrente.

Para contar os ferros coletados, um mini placar foi adicionado a interface gráfica, contendo dois contadores, um para cada tipo de absorção. Como uma maneira de tornar o nível mais desafiador, os projéteis foram limitados por tempo e velocidade ao longo de três rodadas, com objetivo de absorver 10 ferros em cada. Sendo assim, outra área de interface foi desenhada para informar ao jogador o estado atual. Para finalizar, o valor de saturação de transferrina foi adicionado ao hemograma. A Figura 6 mostra os objetos contidos no intestino.

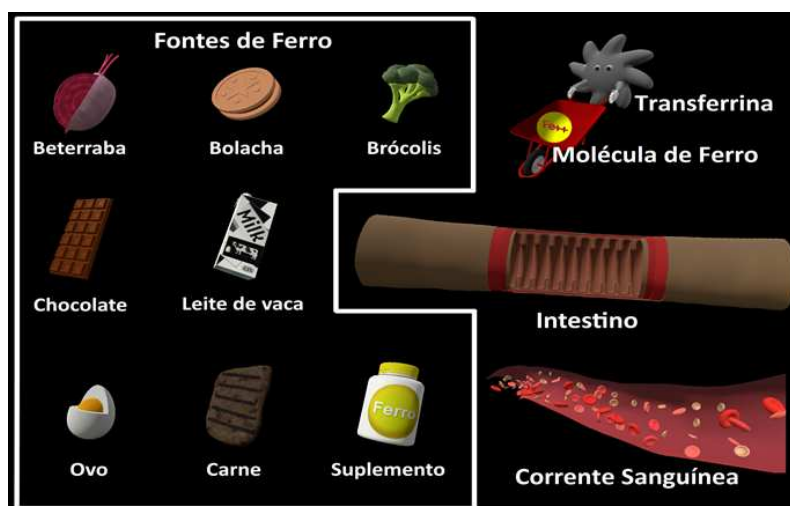


Figura 6. Painel de elementos contido no nível intestino

No retorno ao consultório médico, para que o jogador pudesse responder as questões de diagnóstico e tratamento, foi criado um pequeno sistema visual de perguntas e respostas de múltipla escolha. O jogo apenas permite avançar, se o jogador acertar as duas respostas, absorvendo assim, a informação correta. Após as perguntas, foi programado um pequeno painel contendo as cinco melhores pontuações e o número final de pontos do jogador atual.

Por fim, o jogo passou por uma rápida etapa de testes de usabilidade, com os próprios envolvidos no projeto. Foi então levantada a importância de possuir alguma forma de resumo de conteúdo aprendido em cada nível (além das dicas áudio visuais presentes até o momento). Desta maneira, após a finalização dos níveis, foi adicionado um breve momento, contendo um resumo em áudio do que foi aprendido. Esta breve etapa de testes serviu para geração de ideias e não foi levada em consideração no processo de avaliação final, apresentado na Seção 4.

3.4. Protocolo de teste

Cada teste seguiu um protocolo de passos para uma organização da equipe e dos sujeitos. Em uma sala de aula, além do sujeito, também houve a presença de um aluno aplicador e um observador, estes dois últimos sendo integrantes do presente projeto. Na chegada à sala, o sujeito foi apresentado aos objetivos da pesquisa e aos passos de sua participação. Após este primeiro momento, o sujeito foi instruído a responder os questionários de perfil do jogador e pré-teste. Para tal, foram gerados códigos QR de antemão, com os endereços de cada formulário. Desta forma cada sujeito conseguiu responder utilizando seu próprio smartphone.

O próximo passo foi o sujeito acessar e ler dois roteiros, o primeiro ensinando os gestos básicos do HoloLens e o segundo algumas especificidades do jogo. Esta etapa foi escolhida desta forma para garantir que as informações contidas nos documentos seriam passadas da mesma forma à todos. Em seguida foi explicado verbalmente os gestos que a aplicação mais utiliza, esclarecendo dúvidas referentes a interação com o jogo.

Após a resposta e a leitura dos quatro documentos iniciais, foi vestido o óculos no sujeito. Então ele foi orientado para dar início a interação e que qualquer dúvida poderia ser resolvida ao longo do jogo. De início, cada sujeito interagiu com o nível de treinamento. Este nível foi desenvolvido ao longo do projeto com objetivo de familiarizar os jogadores ao óculos. Nele, o sujeito precisa realizar os movimentos de clique, pinça e clicar e arrastar. Também foram apresentados alguns elementos presentes durante o jogo, como o menu, o hemograma, entre outros.

Ao concluir o treinamento, o sujeito foi instruído a começar o jogo em si. Nesta etapa, o observador precisou anotar as dúvidas que surgiram por parte do jogador e as respostas que foram dadas pelos aplicadores. Também era sua responsabilidade cronometrar o tempo que o sujeito levou durante toda a interação com o óculos, uma vez que isto não foi implementado diretamente na aplicação. Ao final deste processo, foram coletadas mais informações referentes à performance do jogador, como a pontuação, se houve alguma limitação física ou desconforto, entre outras. Estes dados foram salvos no formulário do observador.

Por fim, o sujeito foi instruído a responder os questionários de pós-teste e de avaliação do jogo. Seguindo a mesma ideia de uso do seu próprio smartfone. Neste momento foi possível intercalar os testes no caso do próximo sujeito chegar, pois não haveria interação com o óculos, já que ambos estariam apenas respondendo formulários. Após as respostas serem enviadas, foi agradecido a cada sujeito pela sua participação, encerrando assim, o teste.

3.5. Protocolo de prevenção a COVID-19

Como a realização dos testes ocorreu em meio à pandemia de COVID-19, algumas adições precisaram ser feitas ao protocolo de testes inicial, discutido na subseção anterior. A seguir são demonstradas as mudanças realizadas:

- Higienização dos recursos físicos (HoloLens, canetas, mesas, cadeiras) com álcool gel, antes e depois do uso;
- Uso obrigatório de máscara na sala de testes durante todo o experimento, tanto pelo observador, como pelos sujeitos;
- Higienização das mãos com álcool gel na entrada da sala e antes do contato com os recursos físicos, por ambas as partes;
- Abertura das janelas da sala de teste para ventilação constante.

4. Resultados e Análise

As seguintes subseções mostram os resultados obtidos durante os testes de validação e também uma breve análise sobre os mesmos.

4.1. Resultados

O teste de validação do jogo durou um mês e foi realizado nas dependências da Faculdade de Medicina (FAMED) da Universidade de Passo Fundo (UPF). No total, 20 sujeitos participaram desta etapa. Cada teste durou cerca de uma hora e foi realizado após o término do anterior. Como critério de inclusão, foram aceitos alunos que estivessem cursando a disciplina de Hematologia (parte integrante do currículo do curso de Medicina). Como exclusão, foi utilizado o critério do uso de óculos de grau, pois poderia gerar desconforto junto ao uso do HoloLens. Neste caso, e se necessário, os sujeitos poderiam participar utilizando suas lentes de contato.

Para a amostragem, os nomes dos 53 alunos da turma foram randomizados, sendo selecionados os primeiros 26 resultados. Então foi definida a disposição de cada sujeito para participar da pesquisa, ao mesmo tempo que foi aplicado o critério de exclusão mencionado anteriormente. Saíram desta etapa 16 alunos que conseguiriam avaliar o jogo. Como este número foi bem menor que a metade da turma alvejada, a proposta se estendeu a outra metade que não havia sido selecionada antes, totalizando assim, 20 sujeitos.

A seguir serão demonstrados os resultados do questionário de perfil do jogador e a Figura 7 mostra o resultado de uma das perguntas deste formulário:

- As idades dos sujeitos ficaram entre 19 e 27 anos ($21,75 \pm 1,83$);
- 12 sujeitos responderam feminino como sexo biológico e oito responderam masculino;
- Já em relação ao gênero, foram 11 sujeitos do gênero feminino, oito do gênero masculino e um sujeito preferiu não declarar.
- Apenas quatro sujeitos disseram que jogam ou já jogaram jogos educacionais como apoio ao ensino de medicina;
- Seguindo esta linha, quatro sujeitos também responderam que jogam raramente (três sujeitos) ou frequentemente (um sujeito) jogos educacionais como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem de medicina;
- Dentre os 20 sujeitos, apenas um já teve algum contato prévio com o HoloLens;
- 14 sujeitos não sabiam ou tinham dúvida em relação ao que é realidade misturada;
- Porém nove sujeitos disseram que conheciam algum dispositivo de realidade misturada.

Para os formulários de pré e pós-teste, foi realizado uma etapa de correção das perguntas, verificando cada uma das 10 respostas dadas como estando corretas ou incorretas. Também foi cogitado a utilização de um modelo de correção baseado na porcentagem certa de cada questão, porém pela janela de tempo, foi optado pela forma mais objetiva. A Tabela 1 mostra estes resultados em termos da porção de sujeitos que acertaram as questões. Já a Tabela 2 apresenta as notas obtidas pelos sujeitos em cada teste junto a evolução relativa de cada um, onde valores positivos indicam que o sujeito acertou mais após a interação com o jogo. É possível visualizar os enunciados e a ordem das perguntas de cada um dos questionários por meio da pasta compartilhada no Google Drive³.

Em relação as anotações dos observadores, todos os sujeitos conseguiram terminar todas os níveis do jogo com sucesso, sem experienciar limitações físicas e sem a necessidade de interromper a avaliação.

³Questionários compartilhados: <https://bityli.com/MIzGv>

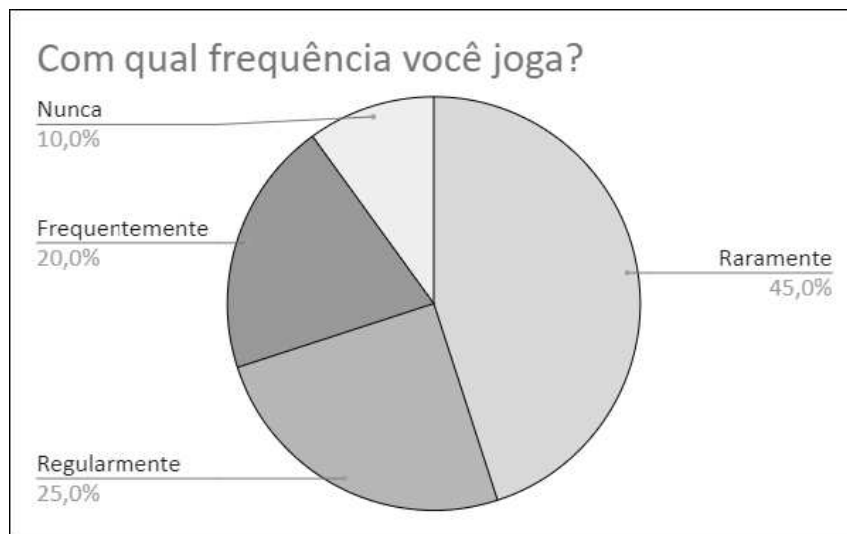


Figura 7. Frequência na qual os sujeitos interagem com jogos

Tabela 1. Porcentagem de acertos nos pré e pós testes

Questão	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Pré-teste (% acertos)	90	85	75	95	75	45	85	50	25	55
Pós-teste (% acertos)	95	70	65	95	100	55	95	35	70	65

Outra ação realizada pelos alunos observadores foi a anotação da pontuação final do jogador, porém em alguns casos ocorreu um problema no painel final do jogo, onde a pontuação aparecia parcialmente ou nem era mostrada. Desta forma vários valores ficaram indisponíveis ou incorretos, portanto não serão descritos aqui. Além da pontuação, foi também cronometrado o tempo em que o sujeito interagiu com o óculos e a aplicação. Relativo a esta métrica, 60% dos sujeitos utilizaram entre 16 e 30 minutos para realização das atividades, sendo que todo o resto demorou mais que 30 minutos. Ninguém completou a interação antes dos 16 minutos.

Durante a evolução dos testes, foram respondidas diversas dúvidas e oferecido dicas aos sujeitos para uma melhor experiência. Foram descobertas algumas maneiras de controle do óculos que ajudaram os sujeitos, como: utilizar apenas os dedos polegar e indicador para realizar os gestos, deixando os outros fechados; aproximar e afastar a mão até o ponto entendido pelo HoloLens; entre outras dicas.

Também foi possível perceber certas dificuldades em interagir inicialmente com o dispositivo. Vários sujeitos acharam difícil o movimento de arrastar após clicar, no geral o clique foi aprendido mais rapidamente. No primeiro nível do jogo, alguns sujeitos não conseguiram fechar o painel de elementos do nível, pois o botão estava muito pequeno. Outra dificuldade inicial foi saber o que fazer num dado momento, geralmente a resposta foi o sujeito olhar ao redor para ver com que poderia interagir. Ainda na corrente sanguínea os jogadores encontraram dificuldade para perceber que deveriam encher o tubo de ensaio com as hemácias e em seguida centrifugá-las.

A transição para o segundo nível também gerou algumas dúvidas, uma vez que o texto indicando o que fazer estava na parte de baixo do hemograma e não possuía um bom

Tabela 2. Notas e evolução dos sujeitos entre os pré e pós testes

Sujeito	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Nota pré-teste	7	5	6	6	7	3	7	6	8	7
Nota pós-teste	7	9	8	6	8	7	9	7	9	5
Evolução (pós - pré)	0	4	2	0	1	4	2	1	1	-2

Sujeito	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Nota pré-teste	9	8	5	8	5	9	6	8	8	8
Nota pós-teste	9	9	7	7	7	9	3	7	8	8
Evolução (pós - pré)	0	1	2	-1	2	0	-3	-1	0	0

contraste. Após o término do primeiro nível, foi possível notar que os sujeitos tiveram menores dificuldades no resto do jogo. Outro ponto de confusão foi no nível do fígado, pois alguns sujeitos não entenderam que deveriam entregar o ferro para a transferrina ao invés de estocar. Por fim, seis jogadores tiveram problemas ao mirar e atirar no nível do intestino.

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos nos itens de escala Likert contidos no questionário de avaliação do jogo. A ordem segue a mesma apresentada no formulário. Lembrando que para perguntas negativas como “Houve momentos em que eu queria desistir do jogo” ou “O jogo foi mais difícil de entender do que eu gostaria”, os menores valores (Discordo totalmente) representam uma melhor avaliação do jogo pelos sujeitos.

Tabela 3. Frequência dos resultados em escala Likert na avaliação do jogo

Item	Neg.	DT	DP	N	CP	CT	Mediana
I1	Não	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	14 (70%)	6 (30%)	4
I2	Sim	8 (40%)	3 (15%)	6 (30%)	3 (15%)	0 (0%)	2
I3	Não	4 (20%)	4 (20%)	7 (35%)	5 (25%)	0 (0%)	3
I4	Não	0 (0%)	1 (5%)	4 (20%)	3 (15%)	12 (60%)	5
I5	Sim	8 (40%)	7 (35%)	3 (15%)	2 (10%)	0 (0%)	2
I6	Sim	5 (25%)	6 (30%)	7 (35%)	1 (5%)	1 (5%)	2
I7	Não	0 (0%)	0 (0%)	2 (10%)	8 (40%)	10 (50%)	4,5
I8	Sim	7 (35%)	5 (25%)	3 (15%)	3 (15%)	2 (10%)	2
I9	Não	0 (0%)	1 (5%)	3 (15%)	4 (20%)	12 (60%)	5
I10	Não	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (15%)	17 (85%)	5
I11	Sim	7 (35%)	4 (20%)	5 (25%)	3 (15%)	1 (5%)	2

Legenda: Neg. - Negativo, DT - Discordo totalmente, DP - Discordo parcialmente, N - Neutro, CP - Concordo parcialmente, CT - Concordo totalmente

A seguir serão apresentados os resultados obtidos a partir das questões discursivas ou opcionais, também inseridas no formulário de avaliação do jogo. Solicitou-se aos sujeitos se desejavam comentar sobre o aprendizado obtido com o jogo. Para esta etapa não foi utilizado um método específico para análise qualitativa e sim, realizou-se, apenas, um recorte de alguns trechos escolhidos aleatoriamente. Um sujeito respondeu “Acredito que o jogo proporcionou grande aprendizado a respeito do diagnóstico e manejo das anemias,

de uma forma divertida e inovadora”, outro estudante disse “Achei bem interativo e lembrei várias coisas”, também foi comentado “Excelente, nos leva a entender a fisiologia por trás de tudo, interagindo com esta, e entender todo o mecanismo e como se dá a anemia. Além do que se espera de alterações e tratamento”. De modo geral, os comentários foram todos positivos, elencando a interatividade como um diferencial de jogos como método de apoio ao ensino.

No que diz respeito a interface e o modelo de interação e navegação do jogo, os sujeitos sugeriram algumas melhorias e críticas construtivas. Um sujeito disse “Em cada nova etapa, o jogo proporcionava mais interação e também mais entendimento sobre como jogar”, outro sujeito comentou “Os controles estão bem dificultosos, se melhorar a forma de clicar e arrastar a jogabilidade vai ficar bem mais proveitosa”, também foi comentado “Alguns níveis faltam uma explicação prévia de “objetivos do jogo” para entendermos o que fazer”. Ao se tratar da interatividade, as críticas se deram principalmente em torno do óculos e dos gestos necessários para interagir. Também foi levantado o padrão que o jogo segue com os objetos e as dicas, facilitando a interação a cada novo nível.

Na questão em que os sujeitos contaram o que acharam mais divertido sobre a experiência, foram levantados tópicos como: “Achei muito divertido poder visualizar as estruturas junto com a explicação”, “A questão da realidade aumentada”, “As animações e personagens que serviram de suporte para o raciocínio em cima do tema proposto.”, “A interação com elementos e componentes que não são palpáveis na vida real”, “Mexer com os elementos e entender microscopicamente o que está acontecendo na fisiopatologia”, entre outras repostas indicando o método interativo e lúdico de aprender como fator de diversão.

Já quando foi perguntado o que cada um achou mais chato ou cansativo durante a interação, houveram respostas como: “Pequeno desconforto do óculos”, “Ter que usar o movimento de pinça”, “As vezes eu não consegui entender o que era pra fazer no jogo especificamente”, “A parte de atirar nos alimentos é meio difícil”, “Alguns pop-ups, como, o resultado do exame do bebê a todo início de fase. Talvez colocar para não aparecer a todo momento e sempre estar disponível para consulta durante a realização do nível”. No geral, 25% das respostas apontam algum tipo de problema ligado diretamente à forma de controle do óculos, sendo que algumas das outras dificuldades citadas também podem estar relacionadas indiretamente à interação com o dispositivo. No final, três sujeitos sentiram que tudo ocorreu bem e não citaram problemas.

Por fim, solicitou-se um feedback opcional aos sujeitos, dentre os 10 sujeitos que responderam, nove comentaram que gostaram muito da experiência, e contribuíram também com algumas dicas de melhorias. Foi levantada a questão que os painéis iniciais nos níveis são um pouco intrusivos, desviando a atenção das dicas em áudio iniciais. No final foram coletados dados se tratando de erros na aplicação, que ocorreram durante o experimento. Apenas dois sujeitos citaram problemas, que foram referentes a utilização do óculos para interagir com os elementos no jogo.

4.2. Análise

A primeira pergunta feita sobre os resultados descritos previamente, foi se existe alguma diferença significativa entre as notas dos sujeitos obtidas nos pré e pós testes, numa visão global. Para verificar esta hipótese, foi executado o teste t-pareado de Student, devido a

variável nota ser quantitativa e ter passado no teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($P = 0,414$). O resultado do teste t-pareado sugeriu que, numa visão global, não houve uma diferença estatisticamente significativa nas variáveis antes e após o tratamento ($P=0,114$), tendo que a variação percebida pode ter sido dada pelo acaso. A Tabela 4 demonstra esta diferença. Mesmo não tendo uma significância estatística aceitável, foi possível observar um pequeno aumento na média das notas após a interação com o jogo.

Tabela 4. Diferença nas notas pré e pós interação com o jogo

Variável	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
Nota pré-teste	6,8	1,542	0,345
Nota pós-teste	7,45	1,538	0,344
Diferença	-0,65	1,755	0,393

O próximo passo foi avaliar cada questão separadamente, verificando se houve diferença significativa em cada tópico tratado pela aplicação. Para tal foi utilizado o Wilcoxon Signed Rank Test, podendo ser utilizado no lugar do teste t-pareado de Student, já que as variáveis da correção de cada questão não apresentam distribuição normal e são atualmente no formato "zeros" e "uns", se comportando como qualitativa ordinal. No futuro pretende-se avaliar cada questão pela porcentagem correta, podendo, assim, atingir a normalidade e utilizar o teste t-pareado, obtendo uma melhor robustez nos resultados. A Tabela 5 mostra os resultados da execução do teste de Wilcoxon para cada uma das questões contidas nos pré e pós testes.

Tabela 5. Execução do Wilcoxon Signed Rank Test nas questões individuais dos pré e pós testes

Questão	Valor-P Estimado	Valor-P Exato
Q1	1,000	1,000
Q2	0,149	0,250
Q3	0,424	0,375
Q4	0,637	1,000
Q5	0,037	0,063
Q6	0,530	0,547
Q7	0,346	0,500
Q8	0,233	0,313
Q9	0,003	0,004*
Q10	0,484	0,563

Analisando individualmente cada questão foi possível encontrar uma diferença significativa no item nove ($P < 0,050$). Também foi obtido um valor p estimado com significância para a pergunta cinco ($P = 0,037$). Esta segunda questão pede ao sujeito quais exames laboratoriais ele solicitaria diante de um caso de anemia ferropriva, sendo que após a interação com o jogo todos conseguiram acertar. É possível que o segundo grupo na comparação, contendo apenas acertos, tenha diminuído a precisão do teste, porém a questão possui uma diferença alta de 25% na taxa de acertos após a aplicação do jogo. Já a pergunta de número 9, que trata da função das células de Kupffer e do sistema reticuloendotelial no metabolismo do ferro, teve uma diferença no pós-teste de 45%, sugerindo

que houve alguma forma de aprendizado. Isto pode ter ocorrido devido a esta questão ser bem específica e também porque o jogo possui uma dica tratando do assunto, fazendo com que os sujeitos ficassem atentos a ela após o pré-teste. Na Tabela 6 é possível ver as diferenças nestas duas questões.

Tabela 6. Variação nas questões com mudança significativa

Questão 5	25%	Mediana	75%
Pré-teste	0,250	1,000	1,000
Pós-teste	1,000	1,000	1,000

Questão 9	25%	Mediana	75%
Pré-teste	0,000	0,000	0,750
Pós-teste	0,000	1,000	1,000

Outra hipótese que surgiu foi se existe algum tipo de correlação entre quanto mais um jogador joga e sua evolução nos pré e pós testes. Para isso, foi utilizado o teste de correlação de Spearman, uma vez que as variáveis observadas contém dados qualitativos ordinais. A execução do teste resultou num coeficiente correlacional $RHO = -0,237$ e um valor $P = 0,311$, indicando, portanto, que não há correlação significativa entre a frequência que o sujeito joga qualquer tipo de jogo e a evolução atingida nos testes.

Na mesma linha da hipótese anterior, foi testado se há correlação entre a frequência em que os sujeitos jogam jogos educacionais para Medicina e a evolução alcançada. Do mesmo jeito, foi utilizado o teste de correlação de Spearman. Desta vez, o resultado mostrou um coeficiente $RHO = 0,529$ e valor $P = 0,0164$, indicando, com isso, que existe uma correlação moderada entre as variáveis e que acontece de maneira diretamente proporcional, sugerindo que os sujeitos que mais jogam jogos educacionais para Medicina, tiveram uma evolução melhor em relação aos demais. Porém é importante ressaltar que apenas 20% dos sujeitos interagem com este tipo de jogo, podendo desbalancear o teste.

Também verificou-se se havia alguma correlação entre o jogador ter gostado do jogo (medida central normalizada dos itens em escala Likert) e ele ter aprendido. Para tal foi utilizado o teste de correlação de Spearman, o qual resultou num coeficiente $RHO = 0,0124$ e valor $P = 0,957$. Isto sugere que não há correlação entre as variáveis, indicando que alguém pode ter gostado do jogo mas não ter aprendido, ou vice-versa. Outro fator que pode ter influenciado no resultado foi ter utilizado uma medida de tendência central em todos os itens de escala Likert do questionário de avaliação do jogo, podendo, então, não representar corretamente o fator “gostei do jogo”. Para trabalhos futuros poderá ser feita uma divisão mais cuidadosa entre os tópicos tratados pelas perguntas, podendo ser realizados vários testes de correlação paralelos.

A última hipótese testada foi a de que sujeitos que jogam frequentemente qualquer tipo de jogo possam ter avaliado de forma diferente o jogo nos itens de escala Likert em relação aos que não jogam. Assim, as respostas foram separadas em dois grupos independentes e foi executado o teste U de Mann-Whitney em cada item do questionário de avaliação do jogo. Este teste foi escolhido ao invés do teste t de Student pelos dados serem qualitativos ordinais.

Houveram duas questões com diferença significativa: o item dois ($P=0,025$) que diz respeito ao desejo dos jogadores de desistir, e o item três ($P=0,013$) que trata dos usuários conseguirem alcançar rapidamente os objetivos do jogo. Como é possível observar na Tabela 7, os indivíduos que jogam com frequência tiveram menos vontade de desistir do jogo, uma vez que devem estar acostumados com as mecânicas empregadas neste tipo de mídia. Também se pode ver que os sujeitos acostumados a jogar sentiram que atingiram os objetivos do jogo de maneira mais rápida.

Tabela 7. Comparação significativa entre grupos para itens com escala Likert

Item 2	25%	Mediana	75%
Joga com frequência	1,000	1,000	2,500
Não joga	2,000	3,000	4,000

Item 3	25%	Mediana	75%
Joga com frequência	3,000	3,000	4,000
Não joga	1,000	2,000	3,000

Por fim, foi realizada uma breve análise sobre os dados apresentados na Tabela 3 da subseção anterior. As informações mostram que o item seis (jogo foi mais difícil de entender do que o jogador gostaria) é o único negativo com uma maior concordância pelos sujeitos. As demais perguntas negativas tiveram medidas de tendência central simbolizando que os sujeitos discordaram mais do que foi dito, oferecendo, assim, uma melhor avaliação ao jogo. Por outro lado, os itens quatro (o sujeito jogaria novos níveis do jogo), nove (a realidade aumentada contribuiu para a visualização das estruturas na aplicação) e dez (o usuário conseguiu distinguir tamanhos e cores das estruturas dentro do jogo) indicam que pelo menos metade dos sujeitos avaliaram a experiência com a nota máxima de cinco pontos ou concordaram totalmente com a afirmação. O item sete (trata da atratividade do design de interface gráfica) também seguiu um padrão similar aos anteriores de boa receptividade. Outro fator que é importante notar é que seguindo o item um (o sujeito se sentiu confiante com aprendizado obtido no jogo), todos sujeitos saíram da experiência sentindo que absorveram conhecimento.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento, a implementação e a avaliação do serious game AnemiaAR. Este jogo tem como objetivo auxiliar no processo de ensino aprendizagem da anemia, por meio de um ambiente imersivo e interativo.

Para medir o aprendizado gerado foram utilizados questionários de pré e pós testes. Também foi criado um modelo resumido de questões pós jogo para avaliar a percepção dos usuários em termos de usabilidade e experiência.

Após o experimento, foram encontradas algumas diferenças e correlações significativas nos resultados. Duas questões dos questionários de avaliação do aprendizado, mostraram um número maior de acertos após a interação com o jogo. Também foi encontrada uma correlação estatística moderada, sugerindo que aqueles sujeitos que interagem com frequência em jogos educacionais de Medicina, evoluíram mais de um teste para o outro em relação aos que nunca jogam este tipo de jogo.

Os sujeitos destacaram que gostaram da experiência mais interativa e imersiva como apoio ao método tradicional de ensino. Foram apontados diversos tópicos para futuras melhorias e adição de novas funcionalidades bem como críticas construtivas sugerindo correções. Todos os sujeitos saíram confiantes com o aprendizado adquirido, sendo que mais da metade disseram que jogariam novos níveis do jogo. Assim, os resultados obtidos podem ser considerados satisfatórios.

Como limitação, não foi realizado o cálculo amostral de antemão tendo uma amostragem basicamente por conveniência. Importante observar que não se pode generalizar os resultados pois alguns sujeitos já haviam cursado a disciplina de hematologia, e isso pode influenciar no aprendizado. Outro ponto que merece destaque foi que a maioria dos sujeitos nunca terem utilizado o óculos HoloLens pode ter interferido no resultado positivo, por se tratar de “uma novidade”.

Em trabalhos futuros, espera-se dar continuidade ao desenvolvimento do jogo para plataformas mobile e dispositivos “mais democráticos”. Deste modo mais alunos poderão ter acesso ao jogo. Assim, abre-se a possibilidade de comparação da mesma aplicação em dispositivos diferentes, podendo medir, por exemplo, se a realidade misturada realmente contribui para a visualização dos conceitos. Por fim o aprendizado adquirido durante todo o desenvolvimento do projeto poderá ser utilizado para criação de novos jogos educacionais para outras áreas da Medicina além da hematologia, objeto deste estudo.

Referências

- Atlassian (2021). Trello. <https://trello.com/en>. Accessed: 2021-05-07.
- Autodesk (2020). 3ds max: 3d modeling, animation and rendering software. <https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/overview>. Accessed: 2020-06-25.
- Bianchi, I., Zanatta, A. L., and Rieder, R. (2021). Anemiaar: Um serious game para apoio ao ensino de hematologia. Master’s thesis.
- Blender (2021). blender.org – home of the blender project – free and open 3d creation software. <https://www.blender.org/>. Accessed: 2021-05-07.
- Bonfim, C. J. d. L., Mombach, J. G., Martins, A. B. d. N., and de Sousa, J. K. L. L. (2019). Design participativo: uma experiência de criação de aplicativos com meninas. *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, 8(2).
- Developer, W. (2021). Kinect – windows app development. <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/>. Accessed: 2021-05-07.
- Github (2020). Mixed reality toolkit – unity. <https://github.com/microsoft/MixedRealityToolkit-Unity>. Accessed: 2020-06-25.
- Graafland, M., Schraagen, J. M., and Schijven, M. P. (2012). Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *Br J Surg*, 99(10):1322–1330.
- Johnson, A. S. and Sun, Y. (2013). Exploration of spatial augmented reality on person. In *2013 IEEE Virtual Reality (VR)*, pages 59–60. IEEE.
- Kirkpatrick, D. and Kirkpatrick, J. (2006). *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler Publishers.

- Lague, S. (2019). Bézier path creator | utilities tools | unity asset store. <https://assetstore.unity.com/packages/tools/utilities/b-zier-path-creator-136082>. Accessed: 2020-08-21.
- Microsoft (2020). Microsoft hololens: mixed reality technology for business. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>. Accessed: 2020-06-25.
- Ochoa-Casas, I., Tibamoso, G., Vega-Medina, L., Perez-Gutierrez, B., and Uribe-Quevedo, A. (2015). Detection of central venous access anatomic regions of interest using augmented reality game-based learning. In *2015 IEEE Games Entertainment Media Conference (GEM)*, pages 1–3. IEEE.
- Oliveira, R., Belarmino, G., Rodriguez, C., Goya, D., Venero, M. F., Júnior, A. O., and da Rocha, R. V. (2019). Avaliações em jogos educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 972.
- Pomax (2020). A primer on bézier curves. <https://pomax.github.io/bezierinfo/>. Accessed: 2020-06-25.
- Schwaber, K. and Sutherland, J. (2011). The scrum guide. *Scrum Alliance*, 21:19.
- Soto-Fernandez, C., Vega, H., Uribe-Quevedo, A., Jaimes, N., and Kapralos, B. (2015). Stereoscopy and haptics human eye ar app. In *2015 IEEE Games Entertainment Media Conference (GEM)*, pages 1–2. IEEE.
- Stefan, P., Wucherer, P., Oyamada, Y., Ma, M., Schoch, A., Kanegae, M., Shimizu, N., Kodera, T., Cahier, S., Weigl, M., et al. (2014). An ar edutainment system supporting bone anatomy learning. In *2014 IEEE Virtual Reality (VR)*, pages 113–114. IEEE.
- Sweeney, R. (2007). How the new generation of well-wired multitaskers is changing campus culture. *Chronicle of Higher Education*, 53(18):B10–B15.
- Unity (2021). Unity real-time development platform | 3d, 2d vr & ar engine. <https://unity.com/>. Accessed: 2021-05-07.
- Vuforia (2021). Vuforia developer portal. <https://developer.vuforia.com/>. Accessed: 2021-05-07.
- Zarzuela, M. M., Pernas, F. J. D., Martínez, L. B., Ortega, D. G., and Rodríguez, M. A. (2013). Mobile serious game using augmented reality for supporting children’s learning about animals. *Procedia computer science*, 25:375–381.