

Desenvolvimento de um aplicativo de Realidade Aumentada para a simulação do teste de tipagem sanguínea na Educação Básica

Victor Silva Bello¹ 

Lúcio Paulo do Amaral Crivano Machado² 

Resumo

O ensino de grupos sanguíneos do Sistema ABO e Fator Rh é essencial para conscientização a respeito das incompatibilidades sanguíneas, bem como para a compreensão de assuntos correlacionados, como a relação antígeno-anticorpo e conteúdo de biologia molecular e biotecnologia. Diversas barreiras de segurança, de infraestrutura e até mesmo legais, dificultam a realização de aulas práticas que envolvam a tipagem sanguínea na Educação Básica. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), em especial a Realidade Aumentada (RA), são recursos que podem auxiliar na transposição dessas barreiras. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo de RA que simula o teste de tipagem sanguínea, visando contribuir para a abordagem da problemática referente ao ensino das incompatibilidades sanguíneas do Sistema ABO/Rh e explorar as potencialidades do uso de TDIC na educação. Para a criação do aplicativo foram utilizados programas de modelagem 3D, de criação de jogos digitais e de RA, sendo eles, respectivamente, Blender, Unity e EasyAR. A partir da elaboração de elementos virtuais representando lâminas biológicas, gotas de sangue, conta-gotas, soluções contendo anticorpos e amostras sanguíneas foi criado um aplicativo que simula o teste de tipagem sanguínea com oito amostras diferentes que correspondem às possíveis combinações do Sistema ABO e do Fator Rh. A simulação virtual, utilizando o aplicativo de RA que tenta reproduzir da forma mais fiel possível o teste de tipagem sanguínea, pode contribuir para ajudar docentes e discentes no ensino-aprendizagem desse tema, bem como a relacionarem ou estarem cientes das aplicações dos conhecimentos abordados no contexto escolar.

Palavras-chave: ensino; realidade aumentada; aplicativos móveis; sistema ABO.

Development of an augmented reality application for simulating Blood Typing Tests in Basic Education

Abstract

Teaching about blood groups in the ABO system and the Rh factor is essential to raise awareness about blood incompatibilities, as well as to understand related topics, such as the antigen-antibody relationship and molecular biology and biotechnology content. Several barriers, related to security, infrastructure, and even legal issues, make it difficult to carry out practical classes involving blood typing in Basic Education. Digital Information and Communication Technologies, especially Augmented Reality (AR), are resources that can help overcome these barriers. This work aims to develop an AR application that simulates the blood typing test. It focuses on contributing to addressing the problem related to teaching about blood incompatibilities in the ABO / Rh system, and exploring the potential of using DICT in education. To create the application, 3D modeling, digital game creation and AR programs, namely Blender, Unity and EasyAR, were used. By creating virtual elements representing biological slides, drops of blood, droppers, solutions containing antibodies, and blood samples, an application was

¹ Mestrando em Educação em Ciências e Saúde, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4028-0019>. E-mail: profbello@outlook.com

² Doutor em Ciências, pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Professor na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7217-1720>. E-mail: lupa@crivano.com

developed to simulate the blood typing test with eight different samples that correspond to the possible combinations of the ABO System and the Rh Factor. The virtual simulation, using the AR application that tries to reproduce the blood typing test as faithfully as possible, can help teachers and students in teaching and learning of this topic, as well as relate or be aware of the applications of the knowledge covered in the school context.

Keywords: teaching; augmented reality; mobile applications; ABO system.

Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para simular Prueba de Tipificación Sanguínea em Educación Básica

Resumen

La enseñanza sobre los grupos sanguíneos en el sistema ABO y el factor Rh es esencial para concienciar sobre las incompatibilidades sanguíneas y para entender temas relacionados como la relación antígeno-anticuerpo y contenidos de biología molecular y biotecnología. Varias barreras relacionadas con la seguridad, la infraestructura y cuestiones legales dificultan la implementación práctica de clases de tipificación sanguínea en la Educación Básica. Las Tecnologías de la Información y Comunicación Digital (DICT), particularmente la Realidad Aumentada (AR), ofrecen recursos que pueden ayudar a superar estas barreras. Este estudio tiene como objetivo desarrollar una aplicación de AR que simule la prueba de tipificación sanguínea, contribuyendo a la enseñanza de las incompatibilidades sanguíneas en el sistema ABO/Rh y explorando el potencial del uso de DICT en la educación. La aplicación se creó utilizando programas de modelado 3D, creación de juegos digitales y AR como Blender, Unity y EasyAR. Al incorporar elementos virtuales que representan portaobjetos biológicos, gotas de sangre, goteros, soluciones que contienen anticuerpos y muestras de sangre, la aplicación simula la prueba de tipificación sanguínea con ocho muestras diferentes que corresponden a las posibles combinaciones del sistema ABO y el factor Rh. Esta simulación virtual, a través de la aplicación de AR que tiene como objetivo reproducir con precisión la prueba de tipificación sanguínea, puede ayudar a profesores y estudiantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, así como resaltar la relevancia y las aplicaciones del conocimiento cubierto en el contexto escolar.

Palabras clave: enseñanza; realidad aumentada; aplicaciones móviles; sistema ABO.

Introdução

O ensino de grupos sanguíneos do Sistema ABO e Fator Rh se apresenta como uma importante abordagem para a conscientização a respeito das incompatibilidades sanguíneas em situações de transfusões sanguíneas. Esse conhecimento também é importante para conscientizar os estudantes sobre a possibilidade e prevenção da eritroblastose fetal (Farias *et al.*, 2021).

Nesse contexto, trabalhar o processo de identificação dos tipos sanguíneos com estudantes é essencial, visando compreender o funcionamento do teste de tipagem sanguínea e sua importância na maximização da eficiência das transfusões sanguíneas (Batissoco; Novaretti, 2003; Souza, 2019, Farias *et al.*, 2021). Ainda, a exposição, demonstração ou prática da tipagem sanguínea pode contribuir para que os estudantes trabalhem a relação entre diferentes conteúdos importantes envolvidos desde a obtenção dos sangues até a análise molecular dos mesmos como, por



exemplo, conteúdos de imunologia, biologia molecular e biotecnologia, em especial uma melhor compreensão da relação antígeno-anticorpo.

A realização da tipagem sanguínea nas escolas possui muitas barreiras. De acordo com o Art. 1º da lei nº 11.794/2008 (Brasil, 2008), a experimentação em animais vertebrados (Filo Chordata) para o Ensino e Pesquisa é restrita a instituições de Ensino Superior e de educação profissional técnica de nível médio da área biomédica credenciadas, como os observados nos trabalhos de Chiesse *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2019). Além disso, o teste de tipagem sanguínea lida com material biológico que pode ser contaminante e, por isso, acaba sendo praticamente ausente nas instituições de Educação Básica (Souza, 2019). Essas condições legislativas, bem como as condições socioeconômicas dos diferentes contextos da Educação Básica brasileira, se apresentam como barreiras que tendem a fazer com que a realização do teste de tipagem sanguínea, utilizando material biológico, seja bastante escasso, principalmente nas escolas públicas

O Sistema ABO e o Fator Rh são apenas alguns dos exemplos de grupos sanguíneos, que em humanos são determinados pela presença de moléculas específicas na membrana das hemácias. A combinação dessas diferentes moléculas é o que resulta na classificação dos diferentes grupos sanguíneos (Batissoco; Novaretti, 2003). Neste trabalho abordaremos ambas as classificações (ABO e Rh) como um conjunto denominado de Sistema ABO/Rh. Esse sistema abrange conteúdos bastante abstratos dos quais há muitos elementos moleculares.

Por consequência, a fim de garantir uma aprendizagem mais significativa, é importante apostar em procedimentos e instrumentos distintos ou adicionais que auxiliem os estudantes em suas aprendizagens tais como simuladores, modelos didáticos, práticas de investigação e estudos de caso na perspectiva de metodologias ativas (Lemos; Valle, 2019; Lima; Ferrete, 2021; Silva *et al.*, 2022). Tais instrumentos suplementares são capazes de permitir que os estudantes compreendam, na simulação ou demonstração, o processo e a relevância do teste de classificação sanguínea.

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) são recursos tecnológicos que podem complementar as estratégias didáticas empregadas pelos professores, propiciando novas percepções por meio da interação dos estudantes com variados recursos multimídia. Nesse sentido, o uso de TDIC apresenta-se como



um recurso bastante útil, pois pode conter elementos menos abstratos de grande potencial significativo (Garcia, 2019; Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023). Além disso, por serem digitais, não se limitam ao espaço físico, podendo ser utilizados como um meio de experimentação como, por exemplo, através da simulação virtual (Riedner; Pischelota, 2016; Dantas *et al.*, 2017; Lima; Ferrete, 2021).

Simuladores são amplamente utilizados, principalmente em contextos nos quais os elementos que se deseja apresentar encontram diversas barreiras que dificultam sua realização. Dessa forma, é possível simular situações de maneira segura e eficiente, além de permitir a experimentação sem as possíveis consequências negativas que poderiam ocorrer na vida real. O uso de simuladores também pode resultar em economia de tempo e recursos, uma vez que possibilita o treinamento e a familiarização com a operação de equipamentos, sistemas ou processos antes da implementação prática (Zaluski; Dantas, 2018; Ritta; Siedler; Piovesan, 2020).

Assim, considerando a problemática destacada anteriormente, os simuladores virtuais se apresentam como uma alternativa interessante para simular o teste de tipagem sanguínea. Simuladores virtuais construídos com Realidade Aumentada (RA), por exemplo, podem ser bastante significativos neste sentido. A inserção de elementos virtuais no ambiente real pode trazer uma grande aproximação da dinâmica de um teste de tipagem sanguínea realizado em sala de aula, em contraste com uma simulação realizada inteiramente em ambiente virtual.

A RA é caracterizada pela sobreposição dos elementos virtuais em relação aos elementos reais, resultando em uma ampliação dessa realidade. Mais especificamente, a RA ocorre quando os elementos reais são mais prevalentes que os elementos virtuais, por isso o nome é Realidade Aumentada, sendo, então, diferente da Realidade Virtual (RV) que ocorre quando o usuário está imerso num ambiente composto apenas por elementos virtuais (Milgram; Kishino, 1994; Dargan *et al.*, 2022).

Com a utilização da RA, é possível criar uma sensação de manipulação digital, além de aumentar a percepção e interação com o mundo real. Essa tecnologia proporciona experiências mais imersivas e interativas, permitindo ao usuário explorar e interagir com elementos virtuais de maneira mais natural. A ocorrência da RA depende, geralmente, do uso de um dispositivo equipado com câmera para a captura



das imagens do ambiente real e, em seguida, projetar elementos virtuais no visor, após a introdução de algum parâmetro. Esses parâmetros podem ser, por exemplo, imagens 2D, objetos, superfícies, coordenadas de GPS ou outros tipos de informações previamente registradas (Carmigniani; Furht, 2011).

Os relatos a respeito do uso de plataformas que utilizam RA para o Ensino são escassos, principalmente em relação à produção nacional (Lopes *et al.*, 2019; Melo *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2020; Rezende *et al.*, 2021). É importante que as plataformas ofereçam suporte claro e acessível. Isso pode envolver a disponibilização de recursos extras, como textos de instruções, sequência de imagens com instruções ou vídeos explicativos. Assim, as plataformas podem garantir uma experiência de aprendizagem mais satisfatória e enriquecedora para os usuários, além de contribuir para a disseminação e adoção da tecnologia de RA no Ensino.

A disponibilidade do recurso em uma língua não-nativa pode ser também uma barreira para a popularização dessa tecnologia no Ensino. Isso porque a falta de familiaridade com a língua pode dificultar o uso por parte de professores e estudantes, resultando em desestímulo e menor compartilhamento desses recursos.

O uso de diferentes tipos de tecnologias para garantir as aprendizagens nas diferentes etapas do Ensino Fundamental e Ensino Básico é previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), a qual descreve diferentes ações importantes para potencializar o ensino e a aprendizagem. Uma dessas ações é “selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender” (Brasil, 2018, p. 17). De forma mais específica, na etapa do Ensino Médio, essas ações são ampliadas e enfatizadas, como pode ser observado na descrição da seguinte competência:

usar diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática (Brasil, 2018, p. 475).

Portanto, o objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de um aplicativo de RA que simule o teste de tipagem sanguínea, visando contribuir para a abordagem da problemática referente ao ensino das incompatibilidades sanguíneas do Sistema ABO/Rh e explorar as potencialidades do uso de TDIC na educação. O aplicativo apresenta-se como um objeto de aprendizagem de fácil acesso, manipulação,

reprodução e inserção em diferentes práticas pedagógicas, tornando-se um recurso potencialmente significativo para o ensino de incompatibilidades sanguíneas.

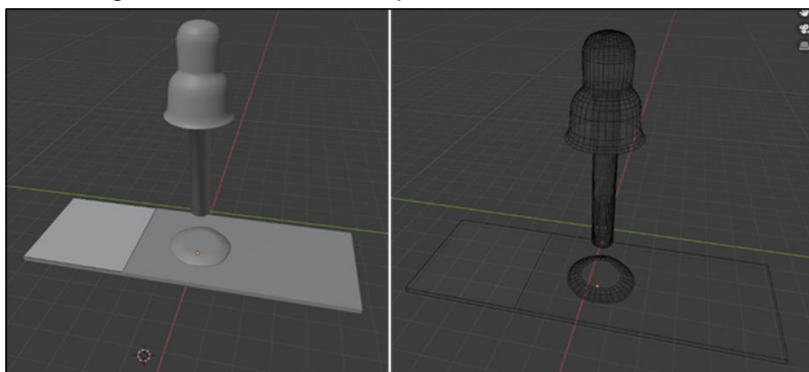
Metodologia

a) Modelagem 3D e preparação dos objetos para a simulação.

Este é um estudo de desenvolvimento em que foi empregado o *software* Blender para criar os elementos virtuais 3D usados no aplicativo de RA. Esse *software* é uma ferramenta de código aberto, ou seja, de livre acesso sem necessidade de adquirir licenças.

Inicialmente foram elaborados elementos 3D que pudessem representar os objetos, reagentes e materiais biológicos essenciais para o teste de tipagem sanguínea, como lâminas biológicas, gota de sangue, solução contendo anticorpos e um conta-gotas (Figura 1). A escolha do Sistema ABO e do Fator Rh para ilustrar a tipagem sanguínea se deu por serem comumente abordados na Educação Básica (Miranda; Torres, 2018) e por serem os sistemas mais imunogênicos (Batissoco; Novaretti, 2003).

Figura 1 - Modelos 3D no plano de trabalho do Blender



Legenda: Na esquerda, os modelos dispostos no modo de visualização sólido. Na direita, a malha dos modelos.

Nota: A solução que simula o fluido dentro do conta-gotas e o objeto na forma de gota caindo sobre o sangue são difíceis de visualizar na interface de trabalho do Blender e, por isso, a observação desses elementos fica mais evidente quando são aplicadas as texturas na plataforma da Unity.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os modelos finalizados foram exportados como arquivos no formato FBX, que incluem informações sobre a malha (*mesh*) do modelo, dados multimídia (como áudio e vídeo) e informações sobre a movimentação dos elementos 3D. Esses arquivos FBX

foram então importados para a plataforma Unity, que atualmente é a principal plataforma de desenvolvimento de jogos 2D e 3D³, além de ser gratuita⁴.

A plataforma Unity permite a modificação e manipulação de objetos 2D e 3D, seja por meio de *scripts* ou pelas configurações já embutidas no programa. Também permite a criação de interfaces interativas, inclusive de forma integrada à internet, fornecendo aos desenvolvedores diferentes meios para que os desenvolvedores possam construir aplicações que vão funcionar online ou offline. Também apresenta formas de construir aplicações para diferentes sistemas operacionais como Windows, Linux, iOS, Android, entre outros. Assim, a Unity se apresenta como uma plataforma que proporciona a construção de simulações.

Entretanto a construção de aplicativo de RA do zero, por meio de códigos próprios, requer habilidades avançadas de programação. Portanto, foi selecionado um *Software Development Kit* (SDK, em português Kit de Desenvolvimento de Software) para auxiliar no desenvolvimento de códigos que permitem estabelecer a ocorrência da RA, foi selecionado o SDK EasyAR®, sob licença gratuita, que possuía ferramentas facilitadoras e complementares para a criação de aplicativos com RA. Esse SDK foi utilizado dentro da Unity, em conjunto com as ferramentas nativas da plataforma.

Os modelos importados na Unity receberam coloração e texturização pela atribuição de *Materials*. Cada *Material* pode atribuir uma cor a um determinado objeto. Assim, cada objeto utilizado no programa recebeu um *Material* diferente. Vale a pena comentar que as cores dos *Materials* podem ser controladas por meio de *scripts* durante a execução do programa, se for de interesse do desenvolvedor e fizer sentido ao contexto do projeto.

Em seguida, os objetos foram posicionados em locais estratégicos no plano de trabalho (cenário) para que a simulação ocorresse (Figura 2). Esse posicionamento cria uma coordenada de referência no cenário e que se refere ao parâmetro *Transform* dos objetos, constituído pelas posições cartesianas x (posição horizontal), y (posição vertical) e z (posição de profundidade). O parâmetro *Transform* não se restringe a

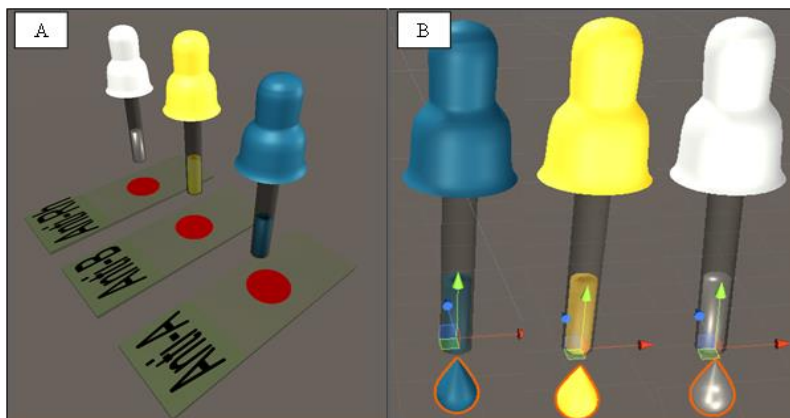
³ Dados disponíveis em: <https://www.gamesindustry.biz/what-is-the-best-game-engine-is-unity-the-right-game-engine-for-you#:~:text=Some%20data%20does%20partly%20support,across%20devices%20use%20its%20tech>

⁴ Uma taxa é cobrada de acordo com o número de instalações do programa/aplicativo quando este alcança um determinado número de instalações.



apenas controlar a posição dos objetos, mas também a sua rotação e escala.

Figura 2 - Montagem e modificações realizadas nos modelos na Unity



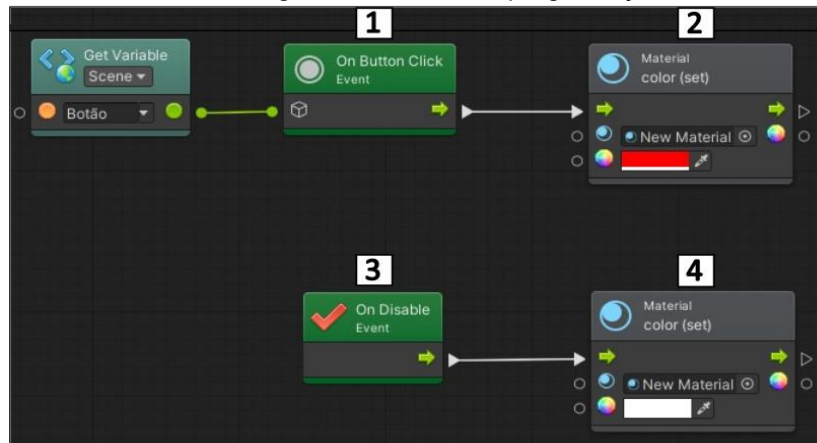
Legenda: **A** – Conjunto das três lâminas contendo a gota de sangue e os conta-gotas com os seus respectivos fluidos. **B** – Exemplo da gota da solução caindo.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Após a finalização dos modelos no cenário, foram desenvolvidos *scripts* de programação. Para esse propósito, foi utilizada a linguagem de programação C# da Unity. No entanto, um *asset* (recurso complementar da plataforma Unity) chamado Bolt foi empregado para facilitar a execução de códigos sem a necessidade de digitação.

Esse *asset* permite a construção de uma lógica de programação através da associação de blocos, um processo conhecido por programação em blocos ou programação visual (*low-code* ou *Visual Scripting*, em inglês). Essa abordagem simplifica o entendimento da lógica de programação, principalmente para iniciantes, além de permitir uma produção mais rápida de um protótipo, por exemplo.

A programação em blocos nada mais é do que a utilização de blocos personalizados que já possuem os comandos digitados e embutidos, ou seja, os códigos são dispostos visualmente, sem demonstrar a linha do código escrito por extenso. Cada bloco pode representar um comando ou um conjunto de comandos. Dessa forma, o usuário não precisa digitar os códigos, bastando apenas saber como selecionar e conectar os blocos respeitando a lógica de execução da programação (Figura 3).

Figura 3 - Interface de montagem dos blocos de programação com o Bolt na Unity



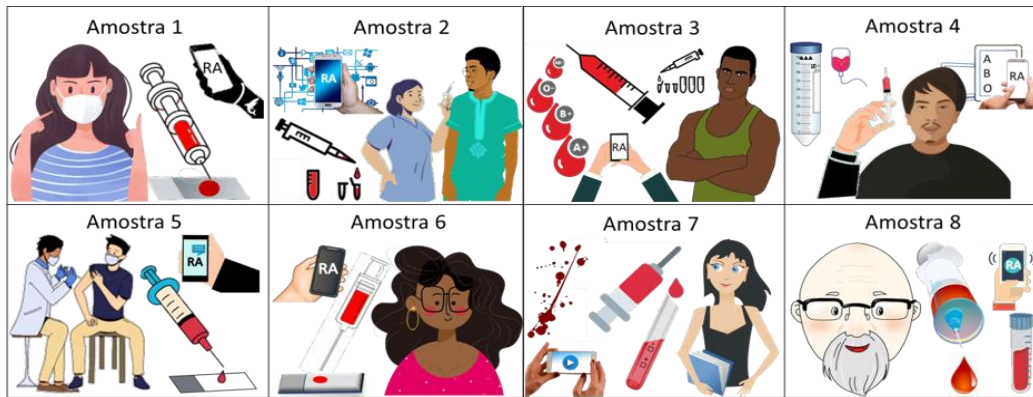
Legenda: **1** – O bloco inicial que estabelece uma função à um determinado botão; **2** – Um bloco contendo o comando que deve ser executado após uma condição (botão ser pressionado) for alcançada; **3** – Um bloco que define uma função quando o programa for desativado; **4** – Um bloco que contém o comando que deve ser executado quando a condição 3 (desativar programa) for alcançada.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os parâmetros de referência escolhidos para a ocorrência da RA neste trabalho foram imagens 2D, configurados na Unity com os *Scripts ImageTargetController* e *ImageTracker*. Assim, ao apontar a câmera para as imagens pré-determinadas, o dispositivo é capaz de dar início à projeção e organização dos elementos na tela do dispositivo. Em outras palavras, essas imagens se apresentam como marcadores. O uso de marcadores foi escolhido porque as imagens são de fácil obtenção e reprodução, sem necessidade de conexão com a internet ou obtenção de coordenadas geográficas (GPS) para reconhecer um parâmetro ou projetar elementos na tela, o que poderiam se apresentar como barreiras para o uso do aplicativo.

Foram criados marcadores a partir da composição de diversas imagens com licença livre para uso e reprodução de diferentes sites de banco de imagens como, por exemplo, pixabay, pngtree, freepik, pngkey, favpik, freesvg, flyclipat, canva e lovepik. As imagens escolhidas são referentes à coleta ou análise de sangue, bem como a participação de agentes de saúde e pacientes de diversas etnias. Combinando as diferentes imagens foram elaborados onze marcadores: oito para simular diferentes amostras de sangue (Figura 4) e três para simular os conta-gotas contendo diferentes reagentes (Anti-A, Anti-B e Anti-Rh) (Figura 5).

Figura 4 – Os diferentes tipos de marcadores e os grupos sanguíneos que cada um representa

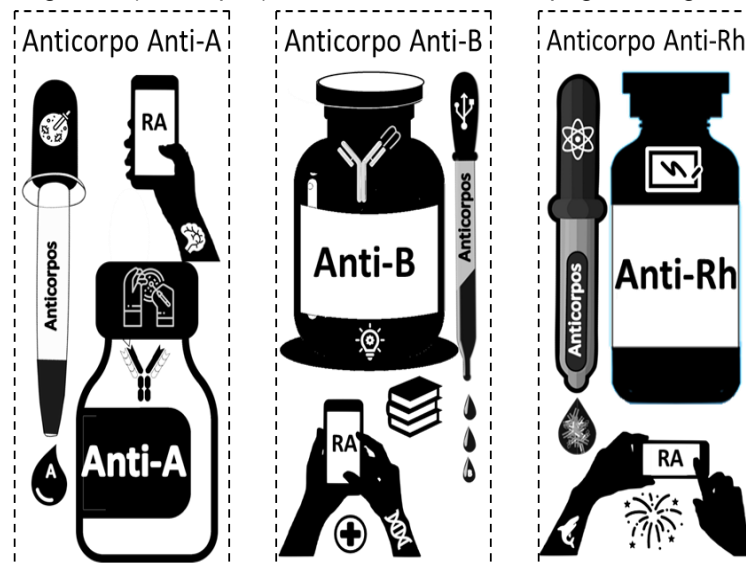


Legenda: Amostra 1 – AB+; Amostra 2 – AB-; Amostra 3 – A+; Amostra 4 – A-; Amostra 5 – B+; Amostra 6 – B-; Amostra 7 – 0+; Amostra 8 – 0-.

Nota: A impressão em preto e branco dos marcadores não afeta o funcionamento do aplicativo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 5 – Marcadores desenvolvidos para representar os conta-gotas contendo os três diferentes reagentes (anticorpos) utilizados no teste de tipagem sanguínea



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os marcadores das amostras de sangue apresentam os elementos 3D que simulam três lâminas histológicas contendo, em cada uma delas, uma gota de sangue e uma palavra referente ao tipo de anticorpo que será utilizado sobre a gota de sangue (Figura 6).

Figura 6 – Simulação de três lâminas contendo uma gota de sangue disparada por um dos marcadores



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No link <https://linktr.ee/tipagemRA> é possível encontrar todos esses marcadores nas proporções que foram testadas e demonstraram uma boa eficiência no reconhecimento das imagens pela câmera do dispositivo. Caso necessário, os usuários podem alterar o tamanho das imagens de acordo com os seus objetivos e necessidades. Entretanto, essas mudanças podem causar problemas de reconhecimento e projeção dos elementos. Sendo assim, não é recomendado mudar as proporções das imagens, nem tampouco colocar em um tamanho menor do que aqueles que se encontram no apêndice.

Para possibilitar um maior alcance do aplicativo em outras nações, dois idiomas, além do Português-BR (PT-BR), foram utilizados na elaboração dos textos: Inglês (ES) e Espanhol (EM).

b) Construção e funcionamento do aplicativo

Para que a câmera possa reconhecer parâmetros em imagens, foram utilizados os scripts *EasyARController*, *ARSession*, *ImageTargetController* e *ImageTracker*, sendo estes dois últimos, como dito anteriormente, responsáveis por reconhecerem a imagem 2D e a projetarem o objeto na tela do dispositivo.

Cada objeto 3D no cenário (*GameObject*) está associado a uma imagem 2D (marcador) que possui um *ImageTargetController* configurado para projetar objetos na tela (oito referente à projeção das lâminas e três conta-gotas).

Ao iniciar o aplicativo, o usuário deve direcionar a câmera do dispositivo para o marcador da amostra sanguínea, resultando na projeção de três lâminas, cada uma contendo uma gota de sangue.

Em seguida, para realizar o controle e efetuar a simulação, foram utilizados *scripts* na forma de blocos do Bolt. Esses blocos, chamados de *Flow Graph*, controlam essencialmente quatro parâmetros dos objetos: *Transform* (posição e escala dos objetos), *Materials* (mudança na cor e textura), *SetActive* (controlar quando o objeto deve aparecer) e *ParticleSystem* (controle da gota caindo e sumindo). Este último se refere ao sistema de partículas que foi utilizado apenas para facilitar a emissão da gota saindo pelo conta-gotas.

Para programar o momento em que tais blocos devem executar seus comandos, foram atribuídos aos objetos 3D que simulavam as lâminas e os conta-gotas um *BoxCollider*. Esse recurso cria uma caixa invisível nos objetos 3D. Um gatilho (*OnTrigger*) é gerado quando as bordas do *BoxCollider* de um objeto são tocadas pelas bordas do *BoxCollider* de outro objeto. Como no presente trabalho os objetos só aparecem quando um marcador é reconhecido no ambiente real (não-virtual), a colisão que irá ocorrer deverá seguir a aproximação de diferentes marcadores, o que consideramos, assim, como colisão de marcadores.

No presente projeto, esse gatilho foi utilizado para indicar o momento em que os conta-gotas devem se posicionar automaticamente acima do sangue. Assim, ao aproximar o marcador do conta-gotas A, o objeto vai se posicionar sobre a lâmina nomeada como Anti-A. Essa lógica se aplica aos outros conta-gotas (B e Rh) em suas respectivas lâminas.

Ao mesmo tempo, esse gatilho faz aparecer na tela um botão específico referente ao tipo de conta-gotas que foi utilizado. Por exemplo, ao mobilizar o conta-gotas A, o botão que irá aparecer é o “Pingar Anti-A”. A mesma lógica se aplica aos outros conta-gotas (B e Rh).

O acionamento do botão faz com que a solução caia sobre a gota. Esse controle é feito pelo *ParticleSystem*. Em outras palavras, o *ParticleSystem* é ativado ao apertar o botão, fazendo com que um objeto (na forma de gota) apareça saindo do conta-gotas sobre o sangue.

A reação foi configurada para ocorrer quando uma solução contendo o anticorpo entra em contato com o sangue contendo o antígeno. Para simular isso,

foram utilizados blocos de códigos sobre os parâmetros *Fade*, *Offset* e *Tiling* do *Material* aplicado ao sangue. Esse *Material* foi configurado para ter duas camadas. A camada mais externa representa o sangue com um aspecto vermelho homogêneo. Já a camada mais interna consiste em uma imagem que simula o sangue aglutinado. Assim, quando a gota cai, se houver reação, o material tem o seu *Fade* alterado, tornando o material transparente e, conseqüentemente, removendo o aspecto vermelho homogêneo, revelando a imagem do sangue aglutinado.

Concomitantemente ao *Fade*, os parâmetros *Offset* e *Tiling* são ativados, fazendo com que a imagem deslize sobre a superfície da gota, como se estivesse simulando a mistura da solução com o sangue, revelando a aglutinação. Tanto o *Offset* como o *Tiling* estão configurados para randomizar os valores de movimentação da imagem. Assim, cada reação executada pelo usuário resulta na formação de uma imagem diferente que simula a aglutinação. Uma explicação da utilização do *BoxCollider* e dos blocos de visual scripting pode ser vista no vídeo apresentado no seguinte link: <https://linktr.ee/tipagemRA>.

O processo de modelagem no Blender e a construção do aplicativo de RA foram realizados em um computador com processador AMD Ryzen 5 3600, 16GB de memória RAM e placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 1060 com 3GB de memória de vídeo.

Resultados

A partir dos procedimentos descritos na metodologia foi criado o aplicativo Tipagem sanguínea RA, que simula um teste de tipagem sanguínea tradicionalmente realizado em escolas para ensino do sistema ABO e do fator Rh.

O aplicativo pode ser utilizado exclusivamente por usuários com dispositivos Android versão 4.4 ou acima disso. Para obtê-lo, não é necessário realizar nenhum pagamento, pois está disponibilizado gratuitamente na Google Playstore, encontrando-o no seguinte link: <https://linktr.ee/tipagemRA>. Caso haja problemas com a PlayStore, é possível buscar o aplicativo pelo nome Tipagem sanguínea RA ou, ainda, pode encontrá-lo no formato .apk no link acima. Além de instalar o aplicativo e conceder as permissões necessárias, o usuário necessita baixar e imprimir os marcadores que serão utilizados para disparar os elementos de RA. O link para baixar

os marcadores está disponível na descrição do APP, mas também pode ser acessado no link acima.

Quando da abertura do aplicativo, o usuário é recebido por uma tela de seleção de idioma, na qual basta tocar nas bandeiras de países que possuem esses idiomas como língua nativa (Figura 7).

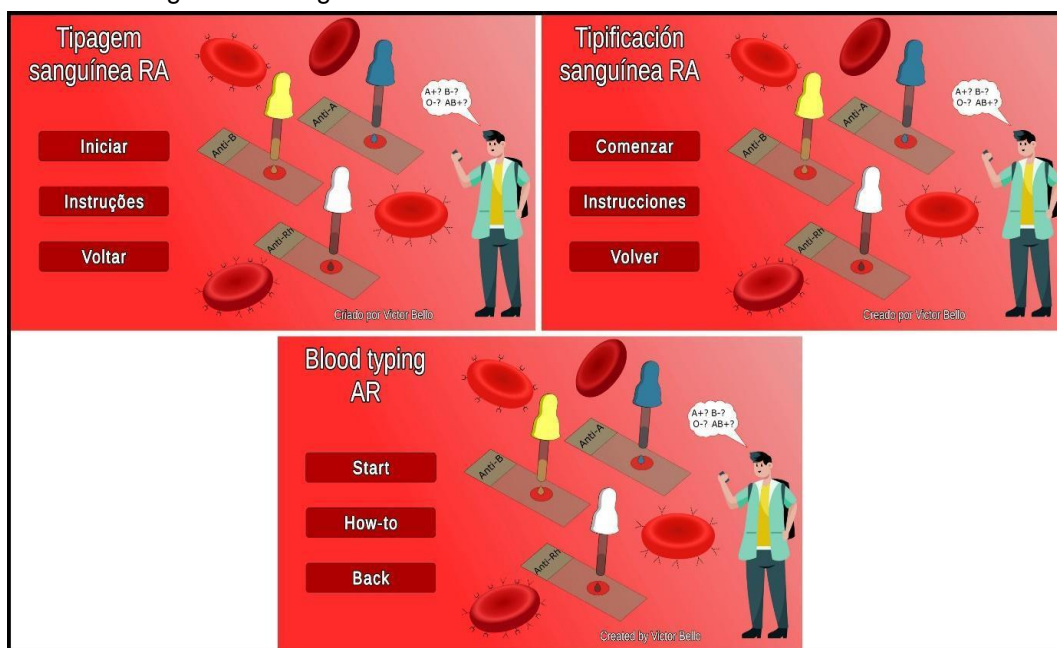
Figura 7 – Tela inicial ao tocar no ícone do aplicativo instalado no dispositivo móvel



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Ao escolher o idioma, o utilizador será redirecionado para uma tela diferente (Figura 8) na qual terá a opção de iniciar o *software*, obter orientações sobre como utilizar a aplicação ou regressar à tela de seleção de idiomas. O botão contendo as instruções ainda não está funcionando, no entanto, existe uma sequência de imagens e um vídeo de exemplo que guiam o utilizador na página do aplicativo na Google PlayStore.

Figura 8 – Imagens mostrando as telas nos três diferentes idiomas

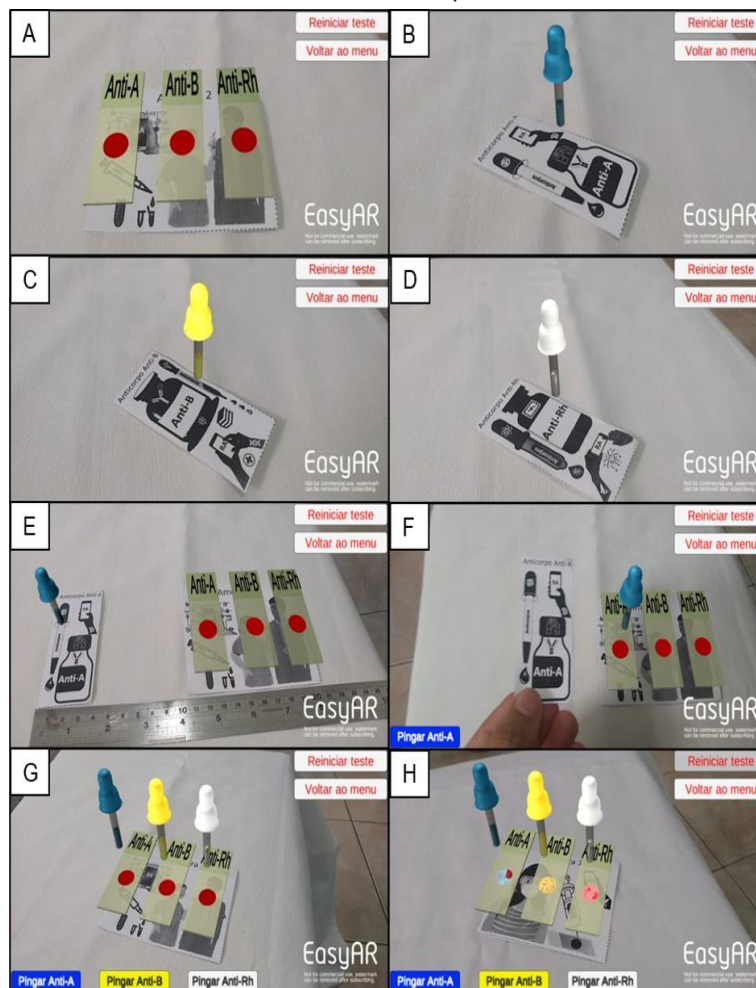


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A partir daí a câmera do smartphone é ativada, o que permite a identificação dos marcadores. O primeiro passo é o usuário selecionar um dos marcadores e apontar a câmera para o mesmo. Quando o marcador é identificado são geradas as imagens de três lâminas com gotas de sangue correspondentes àquele marcador específico. Ao aproximar um dos marcadores de reagentes, o modelo de um conta-gotas irá deslizar pela tela e se posicionar sobre a gota na lâmina correspondente ao tipo de reagente utilizado. Depois de alguns segundos, o usuário poderá verificar se houve reação, observando a textura da gota de sangue que sofrerá alterações se houver reação. Todos esses passos são ilustrados na figura 9 e podem ser conferidos no seguinte link: <https://linktr.ee/tipagemRA>.

O aplicativo simula a combinação do Sistema ABO e do Fator Rh, resultando em oito combinações possíveis, cada uma representada por um dos marcadores de amostra. Optou-se por identificar os marcadores com apenas como Amostra 1, Amostra 2 etc., sem identificar o tipo sanguíneo correspondente a cada marcador, para dar maior liberdade ao professor para utilizar o aplicativo de várias formas, até mesmo em situações de aulas práticas e avaliações.

Figura 9 – Reconhecimento dos marcadores e exibição dos seus respectivos modelos 3D em RA na tela de um smartphone



Legenda: **A** – Exibição das três lâminas no marcador denominado de Amostra 2; **B** – Exibição do marcador que simula o conta-gotas que contém os anticorpos Anti-A; **C** – Exibição do marcador que simula o conta-gotas que contém os anticorpos Anti-B; **D** – Exibição do marcador que simula o conta-gotas que contém os anticorpos Anti-Rh; **E** – Imagem mostrando dois marcadores sendo reconhecidos simultaneamente, mas ainda sem interação devido ao distanciamento entre eles; **F** – Imagem mostrando o efeito da aproximação do marcador referente ao anticorpo Anti-A; **G** – Disposição visual mostrando como ficam os posicionamentos dos três marcadores sobre as lâminas na tela. **H** – Resultado final após pingar as soluções, mostrando a identificação de um sangue do tipo AB+. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Discussão

É possível encontrar o uso da RA no Ensino de Ciências e Biologia em alguns trabalhos presentes na literatura científica brasileira. Vieira *et al.* (2016) desenvolveram o aplicativo Bio3D para o estudo das organelas celulares. Quinquilo, Santos e Souza (2020) utilizaram o aplicativo Virtuali Tee para o estudo de anatomia humana, no entanto, a projeção dos elementos virtuais ocorre após a detecção de um

marcador em uma camiseta, dando a sensação de que o estudante está vendo os órgãos internos de quem está vestindo a camisa. Irigoyen *et al.* (2019) desenvolveram um jogo relacionado à importância do controle de focos do mosquito *Aedes aegypti*. Lebrão (2021) desenvolveu um guia ilustrado com RA para o ensino de Zoologia utilizando marcadores e modelos 3D. Hohl *et al.* (2021) produziram um aplicativo de RA em colaboração com estudantes do Curso Técnico de Informática do CEFET/RJ – Maracanã, com um viés de educação ambiental, utilizando modelos 3D de vertebrados da Mata Atlântica. Siedler *et al.* (2022) desenvolveram um aplicativo de RA para o ensino do conteúdo de ligações químicas, um tema destacado pelos autores como muito abstrato e de difícil compreensão.

Alguns desses trabalhos foram aplicados em turmas regulares da Educação Básica. Todos os autores relataram que o uso da RA foi bem aceito pelos estudantes, o que pode indicar um interesse em novas abordagens de ensino utilizando essa tecnologia. Contudo, nenhum dos aplicativos citados anteriormente aparentemente demonstrou utilizar a colisão de marcadores para gerar uma animação.

Esses resultados mostram como o aplicativo desenvolvido aqui tem recursos e elementos bastante diferentes em relação aos que são encontrados em outros aplicativos construídos exclusivamente para o Ensino de Ciências e Biologia.

Algumas metodologias alternativas foram desenvolvidas para o ensino de tipagem sanguínea (Miranda; Torres, 2018; Cezar-de-Mello; Gonçalves, 2020) utilizando soluções de leite com corante vermelho que reagem com outras contendo vinagre, gerando uma reação química que relembra a aglutinação.

A abordagem dos trabalhos citados acima, por utilizarem componentes que levam a uma reação química, se aproximam bastante da realidade. Entretanto, a elaboração dos reagentes pode ser trabalhosa e depender de uma disponibilidade de tempo. Assim, esse fator pode ser uma barreira, considerando que os(as) docentes, na realidade brasileira, geralmente possuem jornadas de trabalho longas e cansativas. Além disso, em um contexto em que o(a) professor(a) irá disponibilizar os reagentes para os estudantes realizarem a prática por si mesmos, podem ocorrer aplicações errôneas por desatenção ou por tentativas intencionais de misturar materiais.

Apesar de não conseguir replicar com precisão as reações químicas que ocorrem na realidade, o aplicativo desenvolvido neste trabalho não está sujeito aos mesmos problemas mencionados anteriormente, pois a programação é pré-



determinada. Em outras palavras, as variáveis do ambiente físico não poderão interferir nos resultados das simulações digitais. Entretanto, podem acontecer erros inesperados (bugs) no sistema do dispositivo ou na programação do artefato que ainda não foram identificados. Mesmo assim, ao serem identificados e relatados, uma atualização do aplicativo poderá ser feita, diminuindo a possibilidade de ocorrência desses erros. Ainda, essa mesma atualização poderá trazer novidades em relação à animação dos elementos 3D e à prática, podendo se aproximar mais da realidade.

A criação e o uso do aplicativo, bem como de outras simulações virtuais, não podem e não devem ser vistas como uma tentativa de substituir os testes e as práticas reais. O aplicativo possui uma natureza tecnológica que permite o seu uso em situações específicas de ensino, como em modalidades síncronas e assíncronas de ensino híbrido, presencial, remoto ou EaD.

Uma abordagem que pode ser bastante eficiente no ensino presencial é imprimir os onze marcadores para cada estudante que, previamente cientes da atividade, terão instalado em seus respectivos dispositivos o aplicativo Tipagem Sanguínea RA, ou, ainda, poderão instalar ao longo da preparação da atividade no início da aula ou da abordagem. Entretanto, a impressão pode ser bastante onerosa e difícil de ser implementada, e a atividade ainda depende da proatividade dos estudantes em baixarem previamente o aplicativo. Ainda, alguns estudantes podem não ter condições de espaço de armazenamento ou disponibilidade de internet em seus respectivos dispositivos. Uma estratégia que pode mitigar esse problema seria dividir os estudantes em grupos para diminuir a quantidade de marcadores a serem impressos. Isso também diminuiria a necessidade de ter o aplicativo em todos os dispositivos, reduzindo a chance de um ou outro estudante não conseguir realizar a atividade devido a barreiras tecnológicas.

O aplicativo também pode ser utilizado em situações de ensino-aprendizagem relacionadas a metodologias ativas como, por exemplo, em estratégias de Ensino por Investigação ou Aprendizagem Baseada em Problemas e Rotação por Estações de Aprendizagem. As diferentes amostras de sangue podem ser utilizadas para desenvolver jogos que envolvam a resolução de problemas relacionados às transfusões sanguíneas. Além disso, o uso do aplicativo pode ser associado a tabelas, gráficos e textos que abordem as heranças mendelianas associadas ao Sistema ABO/Rh.

Em situações de ensino remoto ou EaD, o(a) professor(a) pode compartilhar a tela do dispositivo móvel e utilizar o aplicativo para demonstração, ou pedir para que os estudantes baixem o aplicativo e imprimam os marcadores, com custos individuais de impressão. Os resultados das simulações podem ser questionados aos estudantes, e as suas respostas podem permitir que o(a) professor(a) faça outros questionamentos, podendo tornar o processo de aprendizagem bastante interativo e engajador. É possível, ainda, utilizar essa abordagem em uma ou como uma avaliação formativa, analisando as respostas para identificar dificuldades ou aprendizagens que sirvam como base para elaboração de outras estratégias potencializadoras do ensino ou capazes de contornar as dificuldades encontradas.

Como o aplicativo fica restrito à simulação da tipagem sanguínea, sem abordar de forma direta as causas e outros fatores biológicos envolvidos nas reações de aglutinação, torna-se interessante utilizar outros recursos (digitais ou não) que abordem, por exemplo, as diferenças estruturais nas membranas das hemácias que levam à classificação do Sistema ABO/Rh, as especificidades dos anticorpos em relação à sua molécula alvo e as consequências das reações antígeno-anticorpo em uma transfusão sanguínea. Neste sentido, o aplicativo pode ser utilizado em conjunto com dois recursos criados por nós, um conjunto de hemácias e anticorpos e uma interface web desenvolvida com a linguagem de programação Scratch que simula o teste de tipagem sanguínea (Bello; Machado, 2024). Planejamos, futuramente, criar uma sequência didática sobre sistema ABO e temas correlatos que inclua a utilização do aplicativo Tipagem sanguínea RA e dos dois recursos citados acima.

Cabe aqui comentar que o uso de todos os marcadores que contém as amostras de sangue não é uma necessidade. O(a) professor(a) pode, por exemplo, utilizar apenas duas ou três amostras como demonstração, dependendo do seu objetivo. É possível, também, dividir a turma em grupos, no qual cada grupo poderá ficar responsável por duas ou três amostras diferentes entre si. Essas estratégias podem reduzir tanto o custo quanto o tempo de preparação e execução de atividades.

Devido ao reconhecimento de imagens pela câmera dos dispositivos, é necessário ter cuidado com a iluminação do ambiente ao utilizar o aplicativo. Uma baixa iluminação pode fazer com que dispositivos mais antigos apresentem alguns problemas no reconhecimento dos marcadores, na visualização e na suavização dos movimentos dos modelos 3D.

Usuários que utilizem *softwares* e *hardwares* bastante diferentes dos dispositivos em que o presente aplicativo foi testado podem experimentar bugs ainda não encontrados, mas que podem ser resolvidos. Por isso, ao disponibilizar o aplicativo através da Playstore, o uso e os relatos dos usuários através da avaliação do aplicativo poderão contribuir para os ajustes necessários. O app está disponível desde dezembro de 2022 e, até a presente data, possui mais de cem downloads.

O Tipagem Sanguínea RA não foi desenvolvido para ser um recurso autoexplicativo. A dinâmica dos elementos virtuais não fará sentido se não houver uma preparação do usuário para o mesmo. Por isso, o aplicativo deve ser utilizado através de um acompanhamento do(a) professor(a) ou, ainda, de uma abordagem prévia que explique seu funcionamento e, principalmente, os significados dos resultados da simulação.

Com isso, espera-se que o aplicativo Tipagem Sanguínea RA possa enriquecer a diversidade de recursos didáticos disponíveis para o ensino do Sistema ABO/Rh, bem como ser facilmente adotado por docentes e discentes nos mais diversos contextos educacionais e metodologias de ensino, principalmente as metodologias ativas. Uma outra expectativa é o papel relevante que o aplicativo possa ter na popularização da RA como uma tecnologia de interesse no ensino ou em outras áreas de desenvolvimento.

Considerações finais

O uso de TDIC na educação tem sido cada vez mais relatado e há uma grande expectativa em relação ao seu potencial em promover aprendizagens. Nesse sentido, o desenvolvimento de um aplicativo de RA para o ensino, bem como as discussões sobre suas potencialidades de uso, pode contribuir bastante para que as TDIC estejam cada vez mais presentes no cotidiano escolar.

A RA é um dos tipos TDIC que demonstra ter um grande potencial na educação, apesar de ainda muito incipiente nesse contexto. Existem diversas barreiras tecnológicas que dificultam tanto seu desenvolvimento quanto seu uso. Por isso, o aplicativo produzido neste trabalho foi desenvolvido pensando na facilidade do uso e reprodução.

A articulação entre *Blender*, *Unity*, *EasyAR* e *Bolt* se mostraram adequadas para a criação dos elementos 3D e do aplicativo. Assim, o presente trabalho evidencia o potencial dessas tecnologias para a criação de aplicativos, principalmente para a construção de simuladores virtuais interativos com RA, e sem a necessidade de conhecimentos técnicos avançados de programação.

A simulação do teste de tipagem sanguínea, utilizando o aplicativo Tipagem sanguínea RA, pode contribuir para ajudar docentes e discentes em processos de ensino-aprendizagem que se baseiam em aplicações do conhecimento, visto que muitas vezes os estudantes apresentam dificuldades em relacionar ou estarem cientes das aplicações dos conhecimentos abordados no contexto escolar.

O funcionamento do aplicativo, com a colisão dos marcadores, pode se apresentar como uma estratégia inovadora, trazendo interatividade ao combinar recursos digitais com recursos físicos. Essa abordagem é bastante rara em trabalhos que desenvolvem ou utilizam a RA para o ensino. Essa interatividade pode mudar bastante a dinâmica de uma sala de aula, principalmente porque pode fomentar processos de ensino-aprendizagem que tirem o aluno da passividade.

Embora seja necessária uma base de conhecimentos específicos em informática para construir modelos 3D e aplicativos de RA, espera-se que futuramente seja possível disponibilizar um guia ou curso para incentivar outras pessoas, especialmente professores, a se tornarem desenvolvedores com facilidade e praticidade, por meio da criação de modelos 3D digitais e uso de ferramentas de programação *low-code*, podendo contribuir para a democratização e popularização de áreas da tecnologia da informação na educação.

Agradecimentos

O desenvolvimento deste trabalho teve apoio com bolsas cedidas pelo Departamento de Extensão (DEPEXT) e pelo Departamento de Bolsas e Estágios (CETREINA) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Referências

BATISSOCO, A. C.; NOVARETTI, M. C. Z. Aspectos moleculares do Sistema Sanguíneo ABO. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-58, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbhh/a/Kr7Gxk6j9Mbw7Bgv9kBbxhM/?lang=pt>. Acesso em: 07

maio 2024.

BELLO, V. S.; MACHADO, L. P. A. C. Impressão 3D e animações interativas para a web aplicadas ao ensino de sistema ABO e tipagem sanguínea. *In*: MONTEIRO, A.; ALBARELLO, N. (org.). **Integra UERJ**: empreendedorismo e inovação. Rio de Janeiro: SAT, 2024. p. 207-236.

BRASIL. **Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 out. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11794.htm. Acesso em: 07 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 07 maio 2023.

CARMIGNIANI, J.; FURHT, B. Augmented Reality: an overview. *In*: FURHT, B. *et al.* (ed.). **Handbook of Augmented Reality**. 1st. ed, New York: Springer Dordrecht Heidelberg London, 2011.

CEZAR-DE-MELLO, P. F. T.; GONÇALVES, P. R. Grupos sanguíneos a partir da aprendizagem baseada em problemas: elaboração e avaliação de uma proposta didática investigativa. **REnCiMa**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 918-936, 2020. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2683>. Acesso em: 02 maio 2025.

CHIESSE, A. *et al.* Práticas de tipagem sanguínea e fator Rh como ferramenta para auxiliar o ensino de genética nas aulas Biologia do Ensino Médio. **Revista PIBID UGP/FERP**, Volta Redonda, v. 1, p. 10-14, 2016. Disponível em: http://www.ugb.edu.br/pibid/revista/assets/docs/BIOLOGIA_PRATICAS-DE-TIPAGEM-SANGUINEA-E-FATOR-RH.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.

DANTAS, J. S. *et al.* TDIC na Educação Básica: simulações PhET como proposta metodológica na disciplina de matemática. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**, Campina Grande. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/38649>. Acesso em: 30 out. 2023.

DARGAN, S. *et al.* Augmented Reality: a Comprehensive Review. **Archives of Computational Methods in Engineering**, [S. l.], v. 30, p. 1057-1080, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11831-022-09831-7>. Acesso em: 25 abr. 2025.

FARIAS, E. M. Sequência didática para o ensino médio a partir da relação entre a herança dos grupos sanguíneos e o sistema imunológico. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.16, n. 2, p. 26-51, 2021. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/913>. Acesso em: 24 abr. 2025.

FERRAZ, R. S.; CARVALHO, J. W. P.; NEGREIROS, C. L. O uso dos objetos digitais de aprendizagem “Massa Molar” e “Concentrações” no ensino médio durante o ensino remoto. **Educitec**, Manaus, v. 9, e205723, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.31417/educitec.v9.2057>. Acesso em: 02 maio 2025.

GARCIA, L. F. C. **Uso de aplicativos em Ciências e Química**: uma experiência nos ensinos fundamental e médio. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2019. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/12086>. Acesso em: 28 abr. 2022.

HOHL, L. S. L. *et al.* Desenvolvimento de um software como integração entre ensino de biologia e informática. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, [S. l.], Número Extraordinario, p. 221–227, 2021. Disponível em: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15082>. Acesso em: 01 maio 2024.

IRIGOYEN, A. P. *et al.* Aedes Adventure: jogo de realidade aumentada criado por adolescentes para reflexão sobre a importância do combate ao mosquito *Aedes aegypti*. In: REUNIÃO ANNUAL DA SBPC, 71., 2019, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande. Disponível em: http://reunioessbpc.org.br/campogrande/inscritos/resumos/3765_1124989d08bfff84e8686a59ffab3496.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.

LEBRÃO, H. M. **A zoologia em realidade aumentada**: guia ilustrado. 2021. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/43937>. Acesso em: 1 maio 2022.

LEMONS, R. A.; VALLE, M. G. Simulações de Tipagem Sanguínea com uso de TDIC: contribuições para o Ensino de Ciências. **Revista Tecnologias na Educação**, Minas Gerais, v. 11, n. 30, 2019. Disponível em: <https://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2019/12/Art9-Ano-11-vol30-Novembro-2019.pdf>. Acesso em: 05 maio 2022.

LIMA, W. V. C. *et al.* Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Atividades Educacionais de Realidade Aumentada do Ensino de Ciências da Natureza. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, La Plata, n. 29, p. 9-19. 2020. Disponível em: <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1421>. Acesso em: 08 maio 2024.

LIMA, I. P.; FERRETE, A. A. S. S. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação na Educação básica. **Revista Humanidades e Inovação**, Palmas, v.8, n.42, p. 283-293, 2021. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3022>. Acesso em: 30 dez. 2024.

LOPES, L. M. D. *et al.* Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 35, 2019.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/edur/a/D8BG7VqVDPmYk3d5xmCJJyF/?lang=pt>. Acesso em: 04 maio 2024.

MELO, N. *et al.* Objetos Digitais de Aprendizagem de Ciências Biológicas no Ensino Fundamental e Médio: uma Revisão Sistemática da Literatura Brasileira. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, 30., 2019, Brasília. **Anais [...]**. Brasília. Disponível: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/8731/6292>. Acesso em: 01 maio 2022.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE Transactions on Information Systems**, [S.l.], v. E77-D, n.12, 1994. Disponível em: https://globals.ieice.org/en_transactions/information/10.1587/e77-d_12_1321/_p. Acesso em: 22 abr. 2025.

MIRANDA, E.; TORRES, F. S. Uso de aulas práticas investigativas na consolidação da aprendizagem e vivência do método científico - uma abordagem sobre grupos sanguíneos do Sistema ABO. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 4, p. 323-338, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID519/v13_n4_a2018.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.

QUINQUIOLO, N.; SANTOS, C. A. M.; SOUZA, M. A. Uso de *software* de realidade aumentada como ferramenta pedagógica. **Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 328-345, out. 2020. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/309>. Acesso em: 30 maio 2023.

REZENDE, S. M. *et al.* A Realidade Aumentada em Situações de Aprendizagem na Educação Básica: uma Revisão de Literatura. *In: WORKSHOP SOBRE AS IMPLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO NA SOCIEDADE (WICS)*, 2., 2021, Evento Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 102-111. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wics/article/view/15968>. Acesso em: 25 ago. 2023.

RIEDNER, D. D. T.; PISCHELOTA, M. Tecnologias Digitais no Ensino Superior: uma possibilidade de inovação das práticas? **Educação, Formação & Tecnologias [S.l.]**, v. 10, n. 2, p. 37-55, set, 2016. Disponível em: <https://eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/198>. Acesso em: 30 nov. 2021.

RITTA, Â. S.; SIEDLER, M. S.; PIOVESAN, S. D. O uso da realidade virtual para ensino de astronomia: desenvolvimento e aplicação de um software para simulação de planetário. **Educitec**, Manaus, v. 6, e096420, 2020. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/964>. Acesso em: 02 maio 2025.

SIEDLER, A. S. *et al.* MolecularAR: um aplicativo baseado em realidade aumentada destinado ao ensino de ligações químicas, **Educitec**, Manaus, v. 8, e200622, 2022.



Disponível em:

<https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/964>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SILVA, C. *et al.* Prática de tipagem sanguínea como estratégia metodológica para o ensino de genética. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO*, 10., 2019, Palmas. **Anais [...]**. Palmas. Disponível em:

<https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/10jice/paper/view/9968>. Acesso em: 01 maio 2022.

SILVA, J. B. *et al.* Percepção de docentes de Biologia sobre o sistema sanguíneo ABO e elaboração de modelo didático como ferramenta para o ensino-aprendizagem em Genética. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 11, n. 1, p.

e58611125396, 2022. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25396>. Acesso em: 18 ago. 2024.

SOUZA, A. C. R. S. **Mitos sobre a relevância do ensino do sistema ABO e uma sequência didática visando minimizar equívocos acerca desse tema**. 2019.

129f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em:

<http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/37378>. Acesso em: 22 out. 2021.

VIEIRA, A. C. G. O. *et al.* Desenvolvimento de um aplicativo de realidade aumentada para o auxílio do ensino de biologia no Ensino Fundamental e Médio. **Revista da META**, Belo Horizonte, v. 1, n.1, p. 260-265, 2016. Disponível em:

<https://seer.dppg.cefetmg.br/index.php/revistadameta/article/view/860>. Acesso em: 30 out. 2024.

ZALUSKI, P. R. S.; DANTAS, M. J. P. Aplicação de *softwares* de simulação na educação em engenharia: um relato de experiências internacionais exitosas em cursos de modelagem e simulação de sistemas. **Brazilian Applied Science review**, Curitiba, v. 2, No. 1, p. 170-181, jan., 2018. Disponível em:

<https://brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/view/345>. Acesso em: 30 out. 2021.

Recebido: 16/09/2024

Aprovado: 05/05/2025

Publicado: 09/05/2025

Como citar (ABNT): BELLO, V. S.; MACHADO, L. P. A. C. Desenvolvimento de um aplicativo de Realidade Aumentada para a simulação do teste de tipagem sanguínea na Educação Básica.

Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, Manaus, v. 11, e246325, 2025.

Contribuição de autoria:

Victor Silva Bello: Escrita (revisão e edição).

Lúcio Paulo do Amaral Crivano Machado: Escrita (revisão e edição).

Editor responsável: Iandra Maria Weirich da Silva Coelho

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional

