

La realidad aumentada y lo lúdico en la enseñanza de la estructura celular

Augmented Reality and Playfulness in the Teaching of Cellular Structure

Jair Pontes¹ y Ruth Janice Guse Schadeck²

¹Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. ²Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.

¹jairdepontes_2005@yahoo.com.br ²ruths@ufpr.br

Recibido 06/08/2020 – Aceptado 01/02/2021

Para citar este artículo:

Pontes, J. y Guse Schadeck, R.J. (2021). La realidad aumentada y lo lúdico en la enseñanza de la estructura celular. *Revista de Educación en Biología*, 24(2), 123-136.

Resumo

Células e estruturas subcelulares são assuntos abstratos e complexos e, muitas vezes, difíceis de serem entendidas pelos estudantes. Esses, por sua vez, têm grande facilidade com as Tecnologias de Informação e Comunicação sendo uma geração visualmente muito estimulada. Considerando essas características, e o fato de que a visualização facilita a aprendizagem em biologia celular, este trabalho relata uma experiência em sala de aula usando realidade aumentada para visualização da célula através de um aplicativo para *smartphones*. Essa metodologia se revestiu de um caráter lúdico, estimulou o entusiasmo e a participação dos estudantes e foi avaliada de forma muito positiva pelos mesmos. Além disso, indicou que o uso de objetos educacionais digitais através de *smartphones* pode contribuir para o aprendizado sobre a estrutura celular, um assunto muito complexo.

Palavras-chave: Estrutura da célula; Realidade aumentada; Smartphone; Aprendizagem

Abstract

Cells and subcellular structures are abstract and complex subjects, and often difficult to be understood by students who are visually stimulated and have a high level of ICT knowledge and skills. Considering these characteristics, and the fact that visualization facilitates learning in cell biology, the main objective of this paper is to describe a classroom experience using augmented reality for cell visualization through an app for smartphones. This methodology had a playful characteristic and stimulated student enthusiasm and participation. The evaluation of the app by the students was very positive. Furthermore,

we argue that the use of digital educational objects through mobile phones may contribute to learning about cellular structure, a very complex subject.

Keywords: Structure of the cell; Augmented reality; Cell phone; Learning

Resumen

Las células son estructuras complejas, formadas por una variedad de componentes diferentes, como núcleos, orgánulos, filamentos y ribosomas. Estos, a su vez, tienen una organización estructural y molecular específica, con formas tridimensionales únicas que ocupan volúmenes característicos. Se encuentran en ciertos espacios intracelulares, interactúan constantemente entre sí y experimentan modificaciones. Esta complejidad dificulta su aprendizaje, lo que se manifiesta en que gran cantidad de estudiantes presentan concepciones erróneas respecto a la célula. Por otro lado, el estudiantado tiene una gran facilidad con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), siendo una generación muy estimulada visualmente. Entre las tecnologías a las que se puede acceder a través de un *Smartphone*, se encuentra la realidad aumentada (RA) que promueve la visualización tridimensional y su uso en la educación ha sido objeto de numerosos estudios. En disciplinas morfológicas como la anatomía, que requiere una representación mental tridimensional de órganos y sistemas, la RA se ha mostrado eficiente. El aprendizaje de la estructura celular requiere representaciones mentales tridimensionales y habilidades espaciales. Por lo tanto, se espera que el uso de esta tecnología contribuya con el aprendizaje de la biología celular. Entre los muchos aspectos del uso de las TIC en la educación, se pueden destacar los aspectos lúdicos de las tecnologías. La forma lúdica ha sido señalada como facilitadora del aprendizaje, entre otros beneficios. Teniendo en cuenta todos estos factores, este trabajo describe una experiencia y la reflexión sobre su desarrollo, que consistió en el uso de la visualización de la célula en realidad aumentada producida por la *QuiverVision App* (<http://www.quivervision.com/apps/quiver-education/>), aplicación para *Smartphones* (teléfonos celulares con plataformas Android o IOS) que presenta aspectos lúdicos. Esta experiencia educativa se realizó con estudiantes de 16 a 17 años. La imagen formada por la aplicación muestra las estructuras celulares tridimensionales y su distribución espacial, imagen que gira lenta y constantemente en sentido horario. Dependiendo de la posición del *Smartphone*, la célula se puede ver en la RA con una vista más lateral o una vista superior. Al tocar en la pantalla se accede a otras funciones, como la célula seccionada donde se observa el nucléolo dentro del núcleo. Cada una de las estructuras celulares aparece indicada por un guión y un signo de interrogación que, cuando es activado, expone el nombre de la estructura. La aplicación proporciona también un quiz. Inicialmente se realizó una indagación acerca de sus concepciones y luego se desarrolló la propuesta de enseñanza. En la primera clase, se discutieron los contenidos abordados y se aclararon las dudas que surgieron de dicha discusión. En la siguiente clase, las y los estudiantes recibieron dibujos de células animales y vegetales descargados del sitio web de la aplicación, identificaron estructuras a través de las leyendas y colorearon las imágenes. A continuación, se visualizaron las células en RA, en la aplicación previamente instalada en los *Smartphones*. La actividad se desarrolló en un clima de gran entusiasmo y motivación, entre otros aspectos porque el estudiantado

percibió la célula como una estructura tridimensional. En la tercera clase, se abordaron las dudas que persistían y se procedió a la evaluación de las actividades. Las observaciones del profesor, sumadas a la evaluación de la actividad realizada por estudiantes, hicieron posible inferir que la imagen de célula en RA producida por la aplicación facilitó la comprensión tridimensional de la célula. Además, alentó la transformación de la propia acción del profesor involucrado, ya que promovió la toma de conciencia de que la incorporación de nuevas metodologías y tecnologías, empleadas con todas las precauciones necesarias, pueden facilitar la comprensión de este tipo de contenidos.

Palabras clave: Estructura celular; Realidad aumentada; Smartphone; Aprendizaje

Introdução

As células são estruturas complexas, formadas por uma variedade de diferentes componentes como núcleo, organelas, filamentos e ribossomos. Esses, por sua vez, apresentam uma organização estrutural e molecular específicas, com formatos tridimensionais exclusivos que ocupam volumes característicos e se localizam em determinados espaços intracelulares, interagem constantemente entre si e se transformam no tempo. E toda essa complexidade é invisível ao olho nu, o que é um obstáculo para a sua aprendizagem (Reindl et al., 2015). Inúmeros relatos têm indicado que os estudantes apresentam grandes dificuldades em compreender a estrutura celular (Manzke, Vargas, Bobrowski y Manzke, 2011; Jara, Rubio e González, 2012) como equívocos quanto a conceitos básicos, confusões entre células e substâncias e concepções alternativas (Silveira, 2013; Vigario e Cicillini, 2019). Em uma pesquisa com estudantes do ensino médio sobre concepções de modelos atômicos e estrutura celular foi demonstrado que os educandos acreditam que os seres vivos são constituídos por unidades materiais diferentes e não seguem as mesmas leis da matéria não viva (Santana, Sarmento e Warth, 2011).

Encontrar metodologias que facilitem essa aprendizagem requer levar em conta as características da atual geração de educandos. Os avanços tecnológicos estão cada vez mais presentes nas vidas desses jovens. Os estudantes de hoje são conectados, têm muita facilidade em assimilar novas tecnologias, utilizam e valorizam a interatividade, são visualmente muito estimulados, apreciam jogos e atividades lúdicas e não estão habituados a processos unidirecionais de comunicação (Prensky, 2001; Souza e Gobbi, 2014). Portanto, torna-se lógico usar recursos que promovem a visualização das estruturas celulares, como vídeos, animações e outros objetos educacionais digitais, os quais tem se mostrado positivos para a aprendizagem sobre estrutura e função celular (McClellan et al., 2005; O'Day, 2007; Reindl et al., 2015). Estes recursos visuais auxiliam o estudante na conversão de uma ideia abstrata em um objeto visual que pode ser mentalmente manipulado (McClellan et al., 2005) e promovem a retenção a longo prazo (O'Day, 2007).

A visualização tem sido considerada uma das mais importantes abordagens metodológicas para aprendizagem em disciplinas como química e biologia, as quais requerem a construção de conceitos múltiplos e das relações espaciais tridimensionais entre moléculas e estruturas (Stieff, Bateman e Uttal, 2005). A realidade aumentada (RA)

é uma tecnologia que promove a visualização tridimensional e seu uso na educação tem sido objeto de numerosos estudos ao redor do mundo que abordam diferentes níveis de ensino em diversos dispositivos, como apontam os trabalhos de Radu (2014), Akçayır e Akçayır (2017) e Altınpulluk (2019). No Brasil a RA também tem sido alvo de alguns estudos, como os trabalhos de Pereira, Oliveira, Couto, Oliveira e Silva. (2017) e Almeida e Santos (2015), que indicam que esta abordagem auxilia no ensino em temas da matemática. Pode-se também citar uma investigação junto a um grupo de professores brasileiros de escolas do ensino básico que também teve o objetivo de incentivar o uso da RA em varias áreas do conhecimento (Nascimento Junior e Rebouças, 2018). Na área biológica destaca-se que a RA tem sido citada como facilitadora da aprendizagem e estimuladora do interesse de estudantes do ensino elementar e secundário em temas de anatomia (Layonaa, Yuliantob, e Tunardic, 2018).

Os recursos tecnológicos aplicados no ensino podem ser utilizados em um contexto lúdico. A ludicidade é referida como uma proposta pedagógica importante para o ensino de Biologia, dada o seu caráter motivacional e desafiador (Cabrera, 2007). Na mesma linha, Ferreira e Santos (2019) preconizam que a inserção de jogos didáticos e atividades lúdicas no ensino de Biologia são importantes estratégias de ensino na busca “de uma aprendizagem significativa e do prazer em aprender e ensinar” (Ferreira e Santos, 2019, p.1). Portanto, configura-se um caminho lógico o emprego de objetos educacionais digitais que promovam a visualização das células em um ambiente lúdico. Com base nesses pressupostos, este trabalho, que resulta de uma atividade acadêmica relata uma experiência e uma reflexão sobre o uso do 2016© *QuiverVision*, um aplicativo para *smartphones*, que propicia a observação das células através de RA.

Desenvolvimento

A *QuiverVision* (<http://www.quivervision.com/>) disponibiliza inúmeros aplicativos em RA para entretenimento e também alguns aplicativos educativos que estão disponíveis no site <http://www.quivervision.com/apps/quiver-education/> e na loja virtual Google Play e App Store. Os aplicativos são recomendados para crianças acima de quatro anos pela *QuiverVision* em seu site. O aplicativo objeto deste relato pode ser instalado em telefones celulares com as plataformas Android ou IOS, os *smartphones*. Todo o desenvolvimento foi realizado sob a supervisão do professor e alguns cuidados devem ser considerados, os quais estão descritos no subitem “Cuidado recomendados” encontrados no item “Avaliação da Experiência”, ao final deste relato.

Descrição do aplicativo e da célula em RA

O aplicativo foi instalado nos *smartphones* e as figuras foram baixadas do site do aplicativo e impressas. Nas células animais podem ser visualizadas as seguintes estruturas: retículo endoplasmático rugoso, aparelho de Golgi, lisossomos, mitocôndria, ribossomos, núcleo e nucléolo. Na célula vegetal, além dessas estruturas, observam-se cloroplastos, parede celular e vacúolos.

Cada figura tem uma legenda formada por seis quadrados ao lado do qual está o nome em inglês das estruturas (Fig. 1A), nomes estes foram substituídos pelas denominações em português (Fig. 1B). Como pode se observar no lugar de "ribosome" optou-se por "retículo endoplasmático" (RE) que também corresponde à cor do quadrado nesta posição quando se entra em uma função do aplicativo que indica as estruturas (Figs. 3 A-B).

A maior parte das figuras utilizadas nesse trabalho foi colorida especialmente para este relato com o objetivo propiciar uma sequência lógica e facilitar compreensão das possibilidades das visualizações da célula em RA. Este objetivo não seria atingido somente com o uso das figuras produzidas durante as atividades com os estudantes, que foram capturadas de modo aleatório e sem a finalidade de publicação. Além disso, com base na vivência da aplicação em sala de aula da célula em RA pelo aplicativo *QuiverVision* e na reflexão posterior sobre esta aplicação, foi realizada uma modificação nas figuras que melhora o seu potencial pedagógico. Isso está em consonância com a formação de um professor reflexivo e crítico (Schön, 2000). Aqui, como resultado da reflexão sobre a ação que promove a mudanças na ação seguinte, optou-se por apagar a linha do nucléolo (figura 1) e corar homogeneamente o núcleo (Fig. 2) para propiciar melhor sua observação, como mostrado na figura 2A-D. Essa mudança é melhor discutida na figura 4. As imagens foram capturadas pela ferramenta 'câmera' do aplicativo. Para atender aos requisitos legais, foi solicitada a permissão junto à *QuiverVision* do uso das figuras para publicação, as quais foram concedidas.

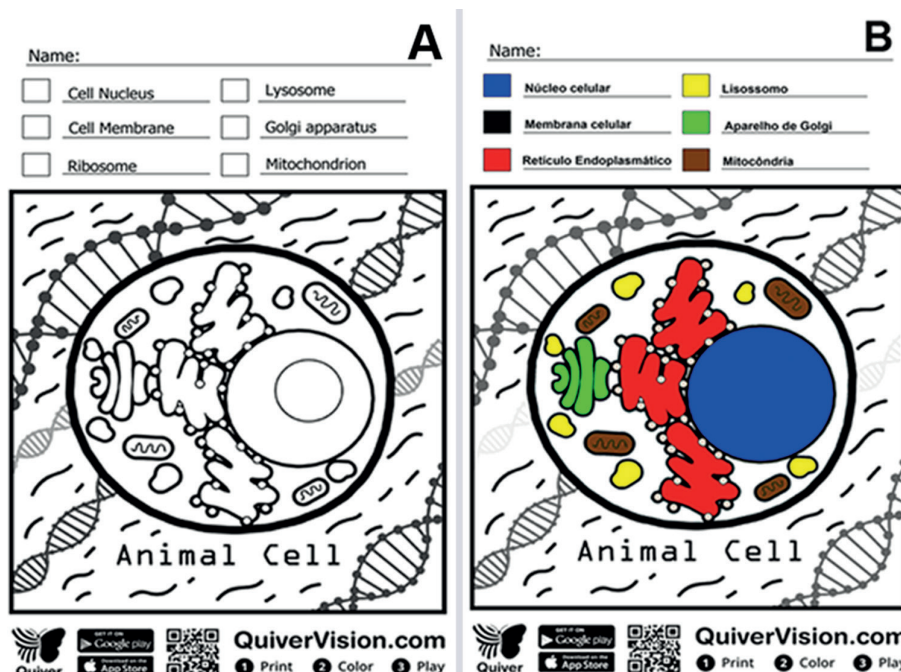


Figura 1. A - Figura da célula animal impressa do site do aplicativo. B - Figura com a legenda traduzida, substituindo "ribosome" por retículo endoplasmático, com as legendas coloridas com cores correspondentes às e estruturas celulares. Nesta figura a linha do nucléolo no interior do núcleo foi apagada. Permissão de uso da figura concedida por *QuiverVision*.

A figura 2 mostra a célula animal vista em RA. Pode-se observar as estruturas em diferentes níveis de profundidade, como as mitocôndrias da figura 2A que são vistas acima

e ao lado do núcleo e os lisossomos da figura 2B localizados acima do aparelho de Golgi. A célula gira em ritmo lento e constante no sentido horário, como demonstrado pela mudança de posição das estruturas celulares nas figuras 2 A-D e 4C-D. É possível gravar vídeos desses movimentos, pois o aplicativo dispõe uma barra de ferramentas incluindo gravação de vídeo, *play*, stop câmera, zoom, repetir e iluminação. Inclinando-se o *smartphone* a célula em RA pode ser visualizada em outros ângulos, como mostram as figuras das células animal 2C-D e vegetal figuras 3C-D. Essa visão mais lateral, como na figura 2C, na qual o retículo endoplasmático rugoso está localizado próximo ao núcleo contornando parte do mesmo, juntamente com visualizações de outros ângulos e da superfície, quando se observam organelas em diferentes profundidades, favorecem a construção do conceito da célula como uma estrutura tridimensional formada por subestruturas também tridimensionais.

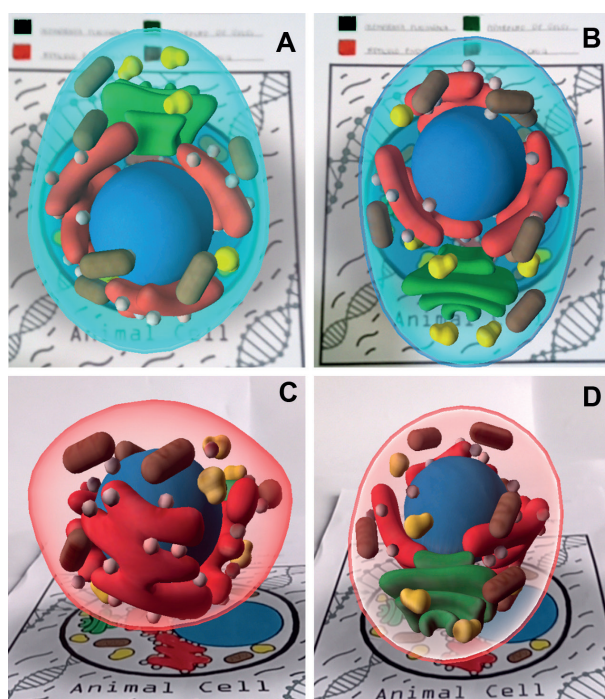


Figura 2 – Célula animal em RA através do aplicativo *QuiverVision*. A e B - Células visualizadas com o *smartphone* aproximadamente paralelo ao desenho. Mostra dois estágios do movimento rotacional. C e D – Células observadas com o *smartphone* em diferentes inclinações em relação à posição do desenho produzindo uma visão mais lateral da célula em RA. Núcleo=azul; mitocôndrias=marron; lisossomos=amarelo; aparelho de Golgi=verde; RE=vermelho; ribossomos=cinza. Permissão de uso da figura concedida por *QuiverVision*.

Diferentes efeitos de cor podem ser gerados dependendo da coloração do citoplasma das figuras. As figuras 2A-B foram produzidas a partir de uma figura cujo citoplasma foi colorido em azul claro, enquanto as figuras 2C-D a partir de figura cujo citoplasma não foi colorido.

Ao tocar com o dedo a tela do telefone celular são acessadas outras funções, como a célula com o núcleo seccionado, mostradas nas figuras 3A-B e 4C-D. Nesse modo o nucléolo fica evidente, bem como a parede celular e a membrana plasmática na célula vegetal. Ainda neste modo, cada uma das estruturas celulares é indicada por um traço e um ponto de interrogação, que, ao ser acionado, mostra o nome da estrutura, como

observado nas figuras 3A-B e 4C-D. O aplicativo também disponibiliza um quiz (Fig. 3C) no qual o estudante tocando com o dedo sobre o nome da estrutura que aparece na tela poderá conferir se acertou a identificação da mesma ao colorir a legenda.

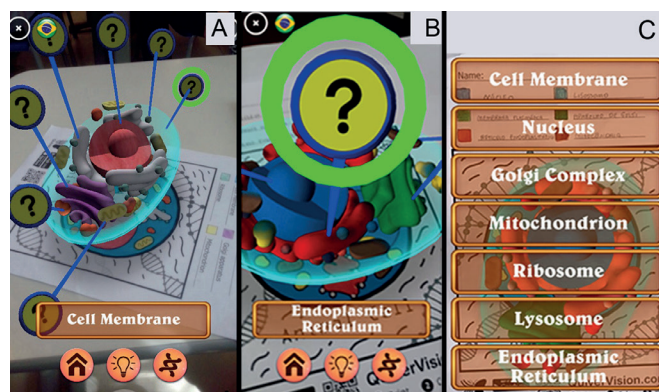


Figura 3. A-B - Células com os núcleos seccionados nas quais o nucléolo aparece como uma esfera no seu interior e cada estrutura é indicada por um traço. Ao se tocar com o dedo o ponto de interrogação o nome da estrutura aparece na parte inferior da tela. Em A está indicada a membrana plasmática, notada como uma película azul, e em B o retículo endoplasmático, em vermelho. C- Tela do *quiz* mostrando as sete estruturas que compõem a célula animal em RA. Permissão de uso da figura concedida por *QuiverVision*.

No desenho da célula baixada do aplicativo e sem nenhuma modificação o núcleo apresenta um círculo (Fig. 1A) indicando o nucléolo, que passa a ser observado em uma localização superficial em RA (Fig. 4B), como uma calota na superfície do núcleo.

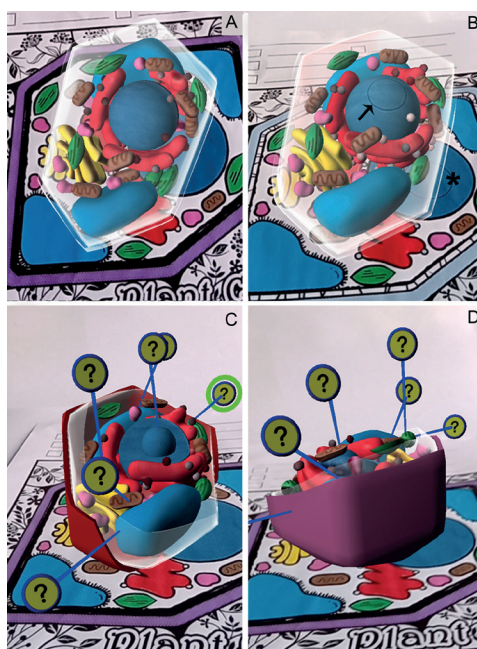


Figura 4. Célula vegetal. A - Vista superficial da célula vegetal. Nesse modo não se observa a parede celular colorida. B - Vista superficial da célula quando o traço do nucléolo não foi removido aparecendo na superfície do núcleo (seta). C e D - Células em RA observadas com inclinação do *smartphone* promovendo uma vista lateral e a visualização do núcleo seccionado. Núcleo=azul; mitocôndrias =marron; lisossomos=rosa; aparelho de Golgi= amarelo; RE=vermelho; ribossomos=cinza; cloroplastos=verde; vacúolos=azul claro; parede celular=vinho; membrana plasmática=camada fina transparente. Permissão de uso da figura concedida por *QuiverVision*.

Esse efeito fica mais evidenciado caso o círculo seja colorido de outra cor. Isso pode gerar dificuldades para a compreensão dos estudantes, já que o nucléolo é uma estrutura interna do núcleo, como aparecem nas figuras 3A-B e 4C. Este artefato pode ser evitado se a linha do nucléolo for apagada no desenho e o núcleo for colorido homoganeamente, como mostrado na figura 1B. Nessa condição o núcleo é visualizado como uma estrutura homogênea (Figs. 2A-C, e 4A), sendo que ao se entrar no modo do núcleo seccionado o nucléolo é percebido interior do núcleo (Figs. 3A-B e 4C) proporcionando uma surpresa e o correto entendimento de sua localização. Na RA aumentada da célula vegetal a membrana plasmática é observada como uma fina camada transparente (Fig. 4C) facilitando a compreensão dela como uma delgada estrutura que envolve o citoplasma.

Aplicação, discussão e avaliação da atividade didática

Este relato resulta de uma atividade acadêmica realizada durante o curso de mestrado profissional para formação de professores de biologia. A tabela 1 sintetiza a sequência de atividades sobre a estrutura e função celular com estudantes na faixa de idade de 16 a 17 anos. Após um pesquisa sobre o assunto seguiram-se três aulas de 50 minutos, sendo e o uso aplicativo *QuiverVision*, objeto principal deste relato, foi inserido na aula 2.

Tabela 1 – Sequência de atividades sobre a estrutura celular.

Atividades prévias	Pesquisa sobre o assunto
Aula 1	Discussão dos resultados da pesquisa
Aula 2	Uso do aplicativo <i>QuiverVision</i>
Aula 3	Esclarecimentos das dúvidas e avaliação.

Atividades prévias - Na semana anterior ao início das atividades em sala de aula, os estudantes receberam a tarefa de realizar uma pesquisa sobre a estrutura celular das células procarióticas e eucarióticas (animal e vegetal). Os educandos foram orientados a buscar os dados em livros didáticos disponíveis na biblioteca da escola e em sites sugeridos pelo professor. Estes dados compuseram os registros feitos por eles em seus cadernos para serem compartilhados e discutidos na aula subsequente. Os alunos também fizeram desenhos sobre os modelos celulares trabalhados.

Aula 1 - Após a pesquisa prévia realizada pelos estudantes como atividade extraclasse, procedeu-se na primeira aula a discussão do assunto com o auxílio de imagens destes três tipos celulares projetadas em Power Point. Os estudantes puderam esclarecer suas dúvidas sobre os conceitos científicos pesquisados e compartilhar os conhecimentos construídos na pesquisa prévia. Eles expuseram os resultados de suas pesquisas e puderam apreciar melhor os três modelos celulares. As dúvidas que surgiram se relacionaram a função das organelas celulares, do núcleo e da membrana. O professor conduziu os debates e esclareceu perguntas. Durante esta aula ficou evidente que a pesquisa prévia sobre o assunto foi importante para instrumentalizar os alunos a respeito do tema e permitiu que eles elaborassem os questionamentos que surgiram.

Aula 2 - Os educandos receberam os desenhos da célula animal e vegetal, disponibilizados pelo professor, e neles criaram legendas e coloriram as suas figuras. A identificação das estruturas foi realizada pelos estudantes com base nas suas pesquisas e nas discussões anteriores. Essa fase foi realizada em grupos para que eles pudessem socializar as informações e discutir o conteúdo. Com as figuras coloridas e legendadas procedeu-se a visualização da célula em RA, no aplicativo *QuiverVision*. A atividade transcorreu em um clima de muito entusiasmo enquanto os estudantes percebiam a célula como uma estrutura tridimensional. Destaca-se que a atividade se desenvolveu de forma lúdica e os estudantes puderam brincar interpondo objetos concretos entre a figura impressa e a imagem em RA.

Aula 3 - Nesta aula os estudantes realizaram exercícios de fixação do conteúdo e neste momento as dúvidas que ainda existiam foram resolvidas. Ao final da aula foi realizada uma avaliação do desempenho do professor e das atividades. O grande avanço da tecnologia desafia os educadores, pois traz novas linguagens e novas práticas. Neste cenário, com o intuito de facilitar a reflexão intencional e crítica sob a perspectiva de Schön (2000), no que está implícito que observação e a reflexão sobre a ação promovem uma descrição desse conhecimento para que o professor possa resolver os problemas encontrados, os estudantes avaliaram a didática do professor que ministrou as aulas e alguns parâmetros da atividade. É importante ressaltar que este é um relato de experiência e que o instrumento de avaliação teve o objetivo de proporcionar um retorno ao professor para o seu aprimoramento e possibilitar também o aperfeiçoamento das atividades desenvolvidas. O instrumento da avaliação consistiu em uma tabela impressa adaptada da página 156 de Feitosa (2002) e a resolução foi anônima. Os indicadores de desempenho estavam descritos em uma coluna da esquerda, sendo que as quatro colunas da direita apresentavam os conceitos ruim, regular, bom e excelente. Os quatro primeiros indicadores de desempenho visavam avaliar a atuação do professor: conhecimento do tema, clareza na exposição, entusiasmo na exposição, segurança na exposição. Os três últimos indicadores estavam relacionados as atividades: importância dos tópicos abordados, duração da aula e utilização dos recursos. O estudante marcava um "X" na lacuna correspondente ao conceito que atribuía ao indicador. Os estudantes também atribuíram uma nota única, global, para as atividades, sendo orientados no momento da avaliação que o valor máximo era 10.

Os aspectos relacionados à didática do professor foram considerados muito positivos (resultados não mostrados) e na tabela 2 estão mostrados os resultados compilados referentes aos três indicadores de desempenho relacionados às atividades.

Tabela 2. Avaliação da sequência de atividades pelos estudantes.

Indicador de Desempenho	Ruim	Regular	Bom	Excelente
Importância dos tópicos abordados	0%	4%	36%	60%
Duração da aula	4%	25%	50%	21%
Utilização dos recursos	0%	0%	18%	82%

Os dados acima mostraram a avaliação positiva sendo que média aritmética da nota global que foi 9,5. Apenas o tópico 'duração da aula' teve avaliação mais negativa. A duração da aula foi considerada ruim por 4% e regular por 25% dos educandos. Isso denota o interesse pelas atividades. Os estudantes também escreveram depoimentos, nos quais puderam se expressar livremente, descrevendo as suas impressões sobre as atividades desenvolvidas nesta sequência de aulas. Esses depoimentos corroboraram os resultados acima (Tabela 2), e também indicaram que o uso do celular foi considerado muito apropriado e que promoveu a aprendizagem. Estas opiniões se amparam na ideia defendida por Prenski (2001) que considera os nascidos a partir de 1994 como "nativos digitais". Os indivíduos dessa geração cresceram imersos em recursos tecnológicos, comunicam-se de forma acelerada com vários interlocutores ao mesmo tempo, escolhem o que é rápido e imediato, usam menos textos e mais imagens gráficas e vídeos, gostam de jogos e de atividades lúdicas (Prensky, 2001).

Avaliação da Experiência

Efeitos positivos do uso da célula em RA

As observações do professor, somadas a avaliação da atividade realizada pelos estudantes e seus depoimentos, possibilitou inferir que a célula em RA produzida pelo aplicativo esteve revestida de um forte aspecto lúdico, motivou os estudantes, estimulou a sua imaginação e despertou a sua curiosidade, efeitos atribuídos a RA em trabalhos anteriores (Akçayır e Akçayır, 2017). Aspectos positivos semelhantes foram observados com estudantes que usaram RA no tema "Sistema solar e além" os quais ficaram mais satisfeitos, apresentaram melhor desempenho acadêmico e atitudes mais positivas relacionadas ao curso (Sahin e Yilmaz, 2020). Conforme postula Cabrera (2007), a ludicidade cria oportunidades construtivas de aprendizagem e promove a motivação e interesse o que justifica a inserção de atividades lúdicas no ensino médio.

Estudos têm indicado que a RA é um facilitador da aprendizagem em matérias que requerem uma representação mental tridimensional, como anatomia (Marzouk, Attia e Abdelbaki, 2013; Layonaa et al., 2018). Com base nessas premissas pode-se aceitar que a visualização da célula como uma estrutura tridimensional, que é formada por outras estruturas também tridimensionais, possa ter facilitado o entendimento celular. Assim, mesmo que informações científicas mais completas abordadas ao nível do ensino médio não estejam incluídas no aplicativo (como citoesqueleto, peroxissomos retículo endoplasmático liso e maior número de ribossomos aderidos ao retículo endoplasmático rugoso) essa abordagem metodológica mostrou-se adequada aos propósitos da visualização tridimensional e da ludicidade. No decorrer das aulas foram retomados aspectos da pesquisa realizada previamente. Dessa forma, o conteúdo científico anteriormente pesquisado e discutido e a célula em RA, no seu conjunto, contemplaram os aspectos celulares ao nível do ensino médio. Recomenda-se, portanto, que ao usar este aplicativo, outros recursos e metodologias sejam incluídas de maneira a construir um conceito pleno da célula.

Outro aspecto a ser destacado é o uso pedagógico do smartphone que foi muito bem

aceito na atividade, e torna-se mais atrativo ao se levar em conta que Relatório do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CETICBR, 2016) aponta que 74% dos alunos do ensino médio utilizaram o celular, sendo esse o principal dispositivo para acessar a rede.

Cuidados recomendados

Deve-se ressaltar que é preciso considerar os riscos do uso de telefones celulares e *smartphones*. Uma atividade com estes aparelhos requer uma supervisão muito atenta do professor para evitar a exposição a conteúdos perniciosos pelos adolescentes ou outros efeitos inesperados. Destaca-se a importância de planejar a aula e organizar a logística de maneira a prevenir quaisquer constrangimentos a estudantes que não disponham de *smartphones*.

A RA aplicada no contexto desse trabalho foi positiva, concordando com os estudos que apontam os benefícios do uso da RA na educação. No entanto, existem também relatos de limites e efeitos indesejáveis. Por exemplo, Radu (2014) em uma revisão sobre a RA aponta que, além dos inúmeros benefícios, existem também algumas descrições de efeitos negativos, como dificuldades na usabilidade, perturbações na atenção dos estudantes, interferência na integração dos educandos. Portanto, o professor deve estar sempre atento para identificar possíveis situações que não são benéficas e que interferem negativamente no desenrolar da atividade. Além disso, ser cuidadoso com os estudantes que apresentam dificuldades visuais, neurológicas, de coordenação motora ou outras que impeçam ou dificultem o uso do *smartphone* e da RA a fim de impedir efeitos adversos à saúde e situações constrangedoras. Neste mesmo viés, estar vigilante para os possíveis efeitos desfavoráveis relacionados à RA que venham a ser identificados no futuro, tal como permanecer vigilante em relação a qualquer outra tecnologia vinculada à *smartphones*.

Reflexões finais

As observações realizadas durante o desenvolvimento das aulas, bem como dos resultados observados demonstrando as possibilidades e limites do uso do aplicativo, permitiram a reflexão fundada na ação. Essa reflexão motivou a transformação da ação do docente envolvido, no sentido de que a incorporação de novas metodologias e tecnologias pode facilitar a compreensão de conteúdos complexos e podem ajudar a amenizar a carência dos recursos estruturais das escolas públicas brasileiras. De fato, essas reflexões se estendem para ambos os autores deste trabalho.

Embora os aspectos positivos do uso do RA na sequência de aulas tenham sido evidentes, não se pretende aqui propor que o virtual tome o lugar do real e do concreto e nem que se limitem as metodologias para o ensino deste tema. Sequer substituir metodologias que historicamente são importantes no estudo das células, como a experimentação laboratorial. As atividades práticas têm sido classicamente consideradas importantes estratégias para o ensino da Biologia (Marques e Rosa 2015). Destaca-se que ao nível do concreto, embora com as suas limitações, a visualização da célula através do microscópio é uma metodologia considerada essencial para a aprendizagem deste tema

(Flick e Bell, 2000; Haşiloğlu e Eminoğ, 2017). Entretanto, o Censo da Educação de 2017 indica que menos da metade das escolas de Ensino Fundamental e do Ensino Médio de escolas estaduais e municipais apresentam o laboratório de Ciências (Brasil, 2017). Não existe estatística sobre a presença de microscópios e suas condições de uso, equipamento essencial para visualização das células. Portanto, é importante o esforço conjunto e o desenvolvimento de diversificadas metodologias para que a aprendizagem plena em biologia celular seja mais facilmente alcançada.

Agradecimentos

Agrademos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao PROFBIO (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) pela oportunidade de aprimoramento profissional.

Agradecemos à *QuiverVision* pela permissão do uso das figuras neste trabalho.

Referências bibliográficas

- Akçayır, M. y Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20:1-11. DOI <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Almeida, M.L. y Santos. G. (2015). Realidade Aumentada na Educação. *Revista Tecnologias na educação*, 7(12): 1-12.
- Altinpulluk, H. (2019). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education and Information Technologies*, 24(2): 1089-1114. DOI 10.1007/s10639-018-9806-3.
- Notas Estatísticas del Censo Escolar 2017. Brasília: INEP. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/centso_escolar/notas_estatisticas/2018/notas_estatisticas_Censo_Escolar_2017.pdf. Consultado em junho de 2018.
- Cabrera, W.B. (2007). A ludicidade para o ensino médio na disciplina de biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa. *Universidade Estadual de Londrina*. Dissertação de mestrado. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Dissertacao/ludicidade.pdf.
- CETICBR (2016). TIC Educação Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. *Comitê Gestor da Internet no Brasil*. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_EDU_2016_Livro_Eletronico.pdf. Consultado em maio de 2019.
- Feitosa, J.P.A. (2002). Construindo o estágio de docência da pós-graduação em química. *Química Nova*, 25(1): 153-158. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422002000100024>
- Ferreira, A. y Santos, C.B. (2019). A Ludicidade no Ensino da Biologia. *Revista Multidisciplinar de Psicologia*, 13(45): 847-86.

- Flick, L. y Bell, R. (2000). Preparing Tomorrow's Science Teachers to Use Technology: Guidelines For Science Educators. *Contemporary Issues in Technology and Teacher education*, 1(1): 39-60.
- Haşiloğlu, M.K. y Eminoğ, S. (2017). Identifying Cell-related Misconceptions among Fifth Graders and Removing Misconceptions Using a Microscope. *Universal Journal of Educational Research*, 5(12): 42-50.
- Jara, N., Rubio, N. y González, C.J. (2012). Unidad didáctica sobre la estructura de la célula eucarionte animal, desde el modelo cognitivo de ciencia. *Revista de Educación en Biología*, 15(1): 43-52. Disponible em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22342> Consultado em julho de 2019.
- Layonaa, R., Yuliantob, B. y Tunardic, Y. (2018). Web based Augmented Reality for Human Body Anatomy Learning. *Procedia Computer Science*, 135: 457-464. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.197>
- Manzke, G.R., Vargas R.P., Bobrowski, V. y Manzke, V.H.B. (2011). Concepção de célula por alunos egressos do Ensino Fundamental: Exercício 03. In: Encontro Nacional do Ensino de Biologia, 4. Encontro Regional de Biologia da Regional 2; Goiânia. *Anais do IV ENEBIO E II EREBIO da Regional 4*, pp. 1-11. Disponible em: https://sbenbio.org.br/wp-content/uploads/edicoes/revista_sbenbio_n5/arquivos/4250.pdf. Consultado em agosto de 2019.
- Marques, G.P. y Rosa, R.T.D. (2015). Análisis de Actividades Prácticas Propuestas en Manuales Didácticos de Biología. *Revista de Educación en Biología*, 18(2):20-30. Disponible em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22468> Consultado em agosto de 2019.
- Marzouk, D., Attia, G. y Abdelbaki, N. (2013). Proceedings of World Congress on Multimedia and Computer Science. pp. 79-86. Disponible em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.681.4910&rep=rep1&type=pdf>. Consultado em julho de 2019.
- McClellan, P., Johnson, C., Rogers, R., Daniels, L., Reber, J., Slator, B.M., Terpstra, J. y White, A. (2005). Molecular and cellular biology animations: development and impact on student learning. *Cell biology education*, 4:169-179. DOI 10.1187/cbe.04-07-0047.
- Nascimento Júnior, D.S., y Rebouças, A.D.D. (2018). Realidade Aumentada na Educação: Uma Análise das Ferramentas Flaras e Aumentaty como Recursos para Aulas Expositivas. *Novas Tecnologias na Educação*, 16(1):1-10.
- O'Day, D.H. (2007). The value of animations in biology teaching: a study of long-term memory retention. *CBE Life Science Education*, 6 (3):217-223. DOI 10.1187/cbe.07-01-0002.
- Pereira, L.T., Oliveira, D.C.B., Couto, I.F., Oliveira, A.M. y Silva, R.L.S. (2017). Uma ferramenta de Apoio ao Ensino de Cálculo com Realidade Aumentada. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Disponible em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/7588/5384>. Consultado em agosto de 2019.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. In: On the Horizon. MCB University Press, 95. *MCB University Press*. Vol 9(5):1-6
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6):1533-1543.
- Reindl, K.M., White, A.R., Johnson, C., Vender, B., Slator, B.M. y McClellan, P. (2015). The

- Virtual Cell Animation Collection: Tools for Teaching Molecular and Cellular Biology. *PLOS Biology*, 13 (4):1-9. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002118>.
- Sahin, D. y Yilmaz, R.M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, 144: 1-10. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>
- Santana, K.V.R., Sarmiento, V.H.S. y Warth, E.J. (2011). Modelos atômicos e estrutura celular: uma análise das ideias dos estudantes de química do ensino médio. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 2(2):110-122.
- Schön, D. (2000). *Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed.
- Silveira, M.L. (2013). Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas em Biologia: a visão de professores em formação sobre o conteúdo de Citologia. *Dissertação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática* – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/16104>.
- Sousa, J.F. y Gobbi, M.C. (2014). Geração digital: uma reflexão sobre as relações da juventude digital e os campos da comunicação e da cultura. *REVISTA GEMInIS*, 1(2):129-145.
- Stieff, M., Bateman R.C.Jr. y Uttal, D.H. (2005). Chapter 6: Teaching and learning with threedimensional representations, pp. 93-120. En J. K. Gilbert (eds) *Visualization in Science Education*. Netherlands: Springer.
- Vigario, A.F. y Cicillini, A.G. (2019). Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio, *Ciências educação*, 25(1): 57-74.