Realidade virtual no ensino de vias metabólicas

Virtual reality approach for metabolic pathways teaching

Juan Carlos Vega Garzón^{1*}, Márcio Luiz Magrini¹, Eduardo Galembeck¹

¹ Departamento de Bioquímica e Biologia Tecidual – Instituto de Biologia – UNICAMP

*e-mail: jcvegag@unal.edu.co

Support: CNPq, PNPd CAPES e Colciencias/Colombia

Abstract

Visual literacy is the ability to understand (read) and use (write) images and to think and learn regarding images (both static and moving). Visual literacy and visualization are key learning components in the biochemistry because that science uses models of molecules to explain how cells work. Many studies have shown that visualization technologies (VT) can be useful to develop essential visual literacy. The term “virtual reality” refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional computer generated environments and the combination of technologies required to build these environments. We design a Virtual Reality (VR) application named VRMET to help the development of visual literacy skills to understand and represent biochemical concepts. VRMET app was developed using Unity3D, Vuforia Augmented Reality SDK and Google VR SDK for Unity. 3D molecules were obtained from Protein Data Bank and ChemSpider and optimized using Blender. VRMET uses a 3D scaled animal cell model. VRMET requires a device with a camera. The user can get the App from the Google Play Store. VRMET has two different scenes: the Augmented reality (AR) scene and the Virtual Reality (VR) scene. AR allows visualizing, from various angles, a scale model of an animal cell. VR allows one to realize a biochemical pathway within the cellular model, visualizing each one of the organelles and observing each of the reactions of glycolysis and the Krebs cycle. VRMET allows students to visualize the molecular structure of substrates and products, thus perceiving changes in each molecule along the metabolic pathway. It also allows observing where in the cell each metabolic pathway occurs.

Keywords: Metabolic pathways; Virtual reality; Active learning.

Resumo

A literacia visual é a capacidade de compreender (ler) e usar (escrever) imagens e de pensar e aprender usando imagens (estáticas ou em movimento). A literacia visual e a visualização são componentes de aprendizagem chave na Bioquímica, porque essa ciência usa modelos de moléculas para explicar como as células funcionam. Muitos estudos têm mostrado que as tecnologias de visualização (TV) podem ser úteis para desenvolver a literacia visual. O termo “realidade virtual” pode ser definido como um ambiente tridimensional imersivo, interativo, multissensorial, centrado no espectador e gerado por computador que leva em conta a combinação de tecnologias necessárias para construir esses ambientes. Nós projetamos um aplicativo de Realidade Virtual (RV) chamado VRMET para ajudar no desenvolvimento de habilidades de literacia visual para entender e representar conceitos bioquímicos. O aplicativo VRMET foi desenvolvido usando o Unity3D, o SDK de realidade aumentada da Vuforia e o SDK do Google VR para Unity. As moléculas 3D foram obtidas da Protein Data Bank e ChemSpider e otimizadas utilizando o Blender. O VRMET usa um modelo 3D a escala de uma célula animal. VRMET requer um dispositivo com câmera. O usuário pode obter a App da Google Play Store. O VRMET tem duas cenas diferentes: a cena de realidade aumentada (RA) e uma cena da realidade virtual (RV). A cena de RA permite visualizar, desde vários ângulos diferentes um modelo em escala de uma célula animal. A cena RV permite acompanhar cada uma das reações da glicólise e ciclo do Krebs dentro do modelo celular. O VRMET permite que os alunos visualizem a estrutura molecular de substratos e produtos, percebendo assim as mudanças em cada molécula ao longo da via metabólica. Também permite observar onde ocorre cada via metabólica.

Palavras-chave: Vias metabólicas; Realidade virtual; Aprendizagem ativa.

Ficha da atividade desenvolvida

Título	Realidade virtual no ensino de vias metabólicas.
Público alvo	Estudantes universitários envolvidos em disciplinas de Bioquímica.
Disciplinas relacionadas	Bioquímica metabólica.
Objetivos educacionais	Auxiliar a aprendizagem de vias metabólicas.
Justificativa de uso	Elevado grau de abstração e de complexidade envolvidos no estudo e aprendizagem das vias metabólicas.
Conteúdos trabalhados	Glicólise e Ciclo de Krebs.
Duração estimada	2 horas.
Materiais usados	Aplicativo, óculos de realidade virtual, celular e marcador de realidade aumentada.
Link de acesso do aplicativo	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lte&hl=en

1 Introdução

As primeiras estruturas cristalinas de proteínas foram resolvidas com o auxílio de modelos físicos. Desde então, tem havido um grande esforço entre os pesquisadores para representar moléculas em 3D com modelos virtuais [1]. Em Bioquímica, o termo modelo virtual geralmente inclui animações, visualizações moleculares e vídeos, representando processos reais, experimentos e fenômenos. A compreensão da Bioquímica, semelhante à compreensão da Química, baseia-se em dar sentido ao invisível e intocável e requer a habilidade de navegar adequadamente entre quatro níveis de compreensão: nível macroscópico, microscópico, simbólico e processual. Os modelos visuais ajudam os alunos a alcançar um nível mais alto de compreensão conceitual e navegação entre os diferentes níveis quando se utilizam modelos moleculares computadorizados [2]. A visualização é fundamental para o aprendizado da Biologia Molecular e a Bioquímica. Enquanto a sala de aula tradicional usa diagramas, modelos e outras ferramentas para acomodar aprendizes visuais-espaciais, essas ferramentas são insuficientes para representar as dinâmicas celulares e moleculares elucidadas pela pesquisa atual e apresentadas na moderna sala de aula de Biologia [3].

A literacia visual (*visual literacy*) é a capacidade de compreender (ler) e usar (escrever) imagens, de pensar e aprender usando imagens (estáticas ou em movimento). A literacia visual e visualização são componentes chave de aprendizagem na Bioquímica, porque os fenômenos moleculares são impossíveis de se visualizar, são abstratos e não derivam da experiência. A Bioquímica utiliza modelos que são apenas representações de fenômenos científicos.

No mundo científico, vêm aumentando o uso de modelos dinâmicos. Várias pesquisas têm mostrado que animações de processos moleculares são melhores ferramentas de ensino quando são comparadas com diagramas ou textos estáticos [4]. No entanto, alguns pesquisadores têm demonstrado que as animações podem causar dificuldades de aprendizagem devido a fatores como a falta de habilidades de linguagem visual [5]. A importância pedagógica do ensino visual tem sido ignorada, e os professores/alunos não, necessariamente, adquirem essas habilidades durante seus cursos de Bioquímica. Compreender modelos dependem da linguagem visual que não é natural e tem que ser aprendido [6].

Pesquisas têm demonstrado que as tecnologias educacionais podem ser úteis para desenvolver habilidades de literacia visual [7]. As novas tecnologias estão mudando o significado de ser alfabetizado no século 21.

A capacidade de interpretar e criar informações visuais é uma forma de alfabetização tão básica quanto ler e escrever textos. No entanto, a maioria dos programas acadêmicos são centrados na leitura e escrita de palavras [8].

Entre essas tecnologias, as de visualização podem ser particularmente úteis para explicar processos, que facilitam a compreensão de conceitos abstratos. A realidade virtual (RV) é um exemplo de tecnologia que pode ter um grande potencial na educação Bioquímica.

O termo "realidade virtual" pode ser definido como um ambiente tridimensional imersivo, interativo, multissensorial, centrado no espectador e gerado por computador, que leva em conta a combinação de tecnologias necessárias para construir esses ambientes [9].

Nosso grupo de pesquisa desenvolveu uma aplicação chamada VRMET (Virtual Reality Metabolic Pathways) com o objetivo de ajudar os alunos de Bioquímica a desenvolver habilidades necessárias para ler, interpretar, escrever e criar diferentes imagens (estáticas ou em movimento) para representar conceitos bioquímicos.

2 Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo VRMET foi desenvolvido utilizando-se a plataforma de desenvolvimento *Unity3D*, o kit de desenvolvimento *Vuforia Augmented Reality* e o kit de desenvolvimento do *Google VR* para *Unity3D*. Todos os modelos das moléculas foram adquiridos a partir de licenças gratuitas ou de domínio público (*Protein Data Bank* e *ChemSpider*), passando por posteriores adaptações e polimentos através do software livre *Blender*.

2.1 Hardware e Software Requerimentos

VRMET requer um celular com câmera e óculos de realidade virtual. O VRMET foi testado em um celular Moto G com sistema operacional Android 7.0.

2.1 Baixando o App

O VRMET está disponível apenas para dispositivos Android. O usuário pode encontrar o aplicativo na *Google Play*, digitando *VRMET* no campo de busca (Fig. 1).

Figura 1. Resultado da pesquisa do VRMET na Google Play.

2.2 Antes de Executar o VRMET

Depois de instalar o VRMET no seu dispositivo, existe uma etapa a ser realizada antes de se usar o *App*. É necessário imprimir um marcador de Realidade Aumentada. Para isto, deve-se usar o botão Documentos no canto inferior esquerdo da tela (Fig. 2).

Figura 2. Tela principal do VRMET.

O usuário precisa imprimir o marcador (Fig. 3) para poder usar todas as funcionalidades do aplicativo. A opção de impressão encontra-se no botão Mais Opções, no canto superior direito da tela. É necessária uma impressora compatível com o sistema Android, de modo que o dispositivo possa enviar o arquivo diretamente a ela. Também pode-se salvar o arquivo direto no dispositivo, enviá-lo para um e-mail pessoal e, em seguida, imprimí-lo a partir de um desktop conectado a uma impressora.

Figura 3. Marcador VRMET.

2.3 Executando o VRMET

Com o marcador impresso em mãos, o usuário pode, então, iniciar o VRMET. Na tela principal do aplicativo, a cena de realidade aumentada é carregada. Nesta cena, o usuário precisa apontar a câmera para o marcador impresso. Projeta-se, virtualmente, um modelo 3D de uma célula animal e dois botões. Cada um deles leva o usuário para seções específicas do aplicativo, tais como voltar para o menu principal (□) e para a cena de realidade virtual (VR) (Fig. 4).

Figura 4. Cena de Realidade Aumentada do VRMET.

Na cena de realidade aumentada, o usuário pode interagir com o modelo 3D da célula animal. Para tal, o usuário pode mover o marcador de papel suavemente, para conseguir observar a célula de diferentes ângulos.

No centro do campo de visão do usuário aparece um pequeno ponto branco. Esse

ponto funciona como o *touch* de um smartphone. Para usar os botões do aplicativo, é necessário apontar o ponto branco sobre o botão escolhido durante 2 segundos, até que se carregue sua funcionalidade.

Cena de Realidade Virtual (VR)

Uma vez ativado o botão VR, a partir da cena de realidade aumentada, a tela de realidade virtual será carregada (figura 5).

Figura 5. Cena de Realidade Virtual do VRMET.

A cena de realidade virtual tem quatro botões, a saber: Realidade aumentada, Passeio pela célula, Glicólise e Ciclo de Krebs. Para que qualquer uma destas cenas seja carregada, o usuário deve apontar o centro da câmera, que contém o ponto branco, para o círculo azul correspondente à cena que deseja carregar.

Passeio pela célula

Na cena de passeio pela célula, o usuário é imerso no ambiente que permeia o modelo de célula do aplicativo. Nesta seção, é possível observar a célula como um todo e suas diferentes organelas a partir de diferentes ângulos. A partir de um ponto inicial, diversos círculos azuis aparecerão ao longo da célula, indicando para onde a câmera se deslocará quando o usuário apontar para aquele círculo. Estes surgirão na tela individualmente, de modo que o caminho a ser seguido é pré-determinado pelo aplicativo. Ao longo do passeio, diferentes organelas são expostas ao usuário, permitindo que seu interior possa ser visualizado (Fig. 6). Isto é particularmente importante para a mitocôndria, pois suas estruturas internas são amplamente estudadas no ensino de

metabolismo. Ao final do caminho, surgirá um botão azul indicando seu término. Então, o usuário deverá voltar a tela inicial de realidade virtual e escolher uma nova opção para navegar pelo aplicativo.

Figura 6. Passeio pela célula.

Glicólise e Ciclo de Krebs

Duas vias metabólicas estão disponíveis no aplicativo atualmente, sendo elas a glicólise e o ciclo de Krebs (Fig. 7). Assim como descrito pelos livros de Bioquímica, o VRMET mostra o passo-a-passo das reações químicas que ocorrem entre as moléculas que participam de cada uma das vias. Ao escolher a via da glicólise ou o ciclo de Krebs, o usuário é imergido para dentro da célula.

Desse modo, poderá acompanhar de perto como e onde ocorre cada uma das reações da via. É possível observar a via por completo, assim, o usuário é capaz de perceber a via como um todo, em que o produto de uma reação será o substrato da próxima, e assim por diante (Fig. 8).

Figura 7. Glicólise e Ciclo de Krebs.

Figura 8. Passo-a-passo das reações químicas que ocorrem entre as moléculas da Glicólise.

3 Proposta pedagógica

A estrutura molecular e as interações que determinam a natureza das biomoléculas são difíceis de imaginar, mesmo com o auxílio de gráficos nos livros didáticos. Entender a estrutura biomolecular e as interações em detalhes requer uma perspectiva 3D e dinâmica [10]. Pesquisas mostraram que os exercícios de visualização são mais úteis, pois as animações permitem melhor compreensão dos processos ensinados passo a passo, em comparação com processos visuais estáticos ou animações 2D [2].

A pesquisa sobre a aplicação da realidade aumentada e virtual (AVR) na

educação mostra que a motivação e o desempenho dos alunos aumentam, assim como os resultados de aprendizado de não teste dos alunos - por exemplo, interesse em aulas, laboratórios e atividades científicas extracurriculares [11].

Com o objetivo de ajudar os alunos de Bioquímica a desenvolver habilidades de literacia visual e entender as vias metabólicas. Nós propomos uma aula experimental em sala de aula, prevista para durar cerca de duas horas, os estudantes devem ser divididos em pequenos grupos (cerca de 3 integrantes cada), e cada grupo recebe um marcador, uns óculos de realidade virtual e deve possuir um celular com o VRMET instalado.

A primeira atividade proposta é reconhecer as diferentes estruturas de uma célula animal através do modelo 3D da cena de realidade aumentada. Uma vez estudadas as diferentes organelas, os alunos são convidados a ativar a cena de realidade virtual, para se fazer um reconhecimento mais detalhado das organelas celulares.

A opção passeio pela célula permite-lhes observar mais de perto cada organela e ter a percepção de estarem mergulhando no citoplasma. Uma vez que o estudo da célula é completado, os alunos são convidados a começar o estudo da glicólise. Através desta opção, eles podem acompanhar cada uma das reações desta via Bioquímica, visualizando a estrutura molecular de substratos e produtos a partir de modelos moleculares tridimensionais.

Além disso, são capazes de perceber as mudanças de cada molécula no decorrer desta via. As modificações estruturais das moléculas permitem aos estudantes entenderem os princípios básicos sobre o fluxo e troca de compostos e energia ao longo do metabolismo. Além disso, a tecnologia de realidade virtual permite-lhes a aquisição de informações sobre o contexto das reações, ou seja, em que lugar da célula ocorre cada reação (citoplasma ou organela).

Finalmente, os alunos são convidados a estudar o ciclo de Krebs seguindo a mesma lógica e instruções da glicólise.

Os avanços tecnológicos dos últimos anos permitiram uma melhor e maior aplicação da Realidade Virtual na educação, particularmente como ferramenta de apoio no processo de ensino e aprendizagem da Bioquímica [12].

Referências

- [1] Balo A, Wang M and Ernst O. Accessible virtual reality of biomolecular structural models using the Autodesk Molecule Viewer. *Nature Methods*. 2017; 4 (12): 1122-1123.
- [2] Monova T, Alexeev A and Kossekova G. Virtual models for interactive e-learning in Medical Biochemistry. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2010; 2: 1493–1497.
- [3] Tan S., Waugh R. (2013) Use of Virtual-Reality in Teaching and Learning Molecular Biology. In: Cai Y. (eds) *3D Immersive and Interactive Learning*. Springer, Singapore.
- [4] McClean P, Johnson C, Rogers R, Daniels L, Reber J, Slator B, Terpstra J and Whitey A. Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning. *Cell Biology Education*. 2005; 4: 169-179.
- [5] Towns M, Raker J, Becker N, Harlea M and Sutcliffe J. The biochemistry tetrahedron and the development of the taxonomy of biochemistry external representations (TOBER). *Chem. Educ. Res. Pract.* 2012; 13: 296 – 306.
- [6] Schönborn K, Anderson T. The Importance of Visual Literacy in the Education of Biochemists. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 2006; 34: 94-102.
- [7] Mnguni L, Schönborn K and Anderson T. Assessment of visualisation skills in biochemistry students. *South African Journal of Science*. 2016; 112 (9-10): 1-8.
- [8] Bleed R. Visual literacy in higher education. *ELI Explorations*, 2005.
- [9] Mazuryk T, Gervautz M. Virtual reality-history, applications, technology and future. 1996.
- [10] McGraw J, Zhang W, Luginbuhl A, Takahashi G, Fasker F and Chopra G. Virtual Reality Environment to Visualize and Manipulate Molecular Structures. *Biophysical Journal*. 2018; 114 (3): 184a.
- [11] Cibulka J, Giannoumis G. Augmented and Virtual Reality for Engineering Education. Conference: Proceedings of the 58th Conference on Simulation and Modelling (SIMS 58) Reykjavik, Iceland, September 25th – 27th, 2017.
- [12] García-Ruiz M, Bustos-Mendoza C, Andrade-Aréchiga M, Acosta-Díaz R. Panorama de la realidad virtual aplicada a la enseñanza de propiedades moleculares. 2006; *Educación Química* 17(1): 114-12, 54-51.