



Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química

Virtual reality and augmented reality apps for Chemistry education

Bruno Silva Leite  <http://orcid.org/0000-0002-9402-936X>

Universidade Federal Rural de Pernambuco
e-mail – brunoleite@ufrpe.br

Resumo

Com o objetivo de analisar aplicativos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada de Química, este artigo relata o levantamento realizado na Google Play dos aplicativos disponíveis para dispositivos móveis que podem ser utilizados para o ensino de Química por professores e estudantes. Metodologicamente a pesquisa é exploratória com abordagem qualitativa. Os resultados destacam algumas possibilidades de uso destes recursos, entretanto dificuldades também são observadas (como aplicativos em inglês, dispositivos com limitações técnicas etc.) para sua utilização e futura contribuição no ensino de Química. Consideramos que os aplicativos analisados nesta pesquisa podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, esperamos que os resultados deste levantamento provoquem a reflexão dos professores de química sobre a importância e necessidade de desenvolverem práticas pedagógicas que busquem contemplar as especificidades relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem da Química com o uso dos aplicativos para dispositivos móveis.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Realidade Aumentada. Ensino de Química.

Abstract

With aiming to analyze Virtual Reality and Augmented Reality Chemistry apps, this article reports the Google Play survey of mobile apps available for teachers and students to teach Chemistry. Methodologically the research is exploratory with a qualitative approach. The results highlight some possibilities of using these resources, however, difficulties are also observed (such as applications in English, devices with technical limitations, etc.) for their use and future contribution in chemistry teaching. We consider that the applications analyzed in this research can contribute to the teaching and learning process. In addition, we hope that the results of this survey will provoke the reflection of chemistry teachers on the importance and need to develop



pedagogical practices that seek to contemplate the specificities related to the teaching and learning process of chemistry with the use of mobile apps.

Keywords: Virtual Reality. Augmented Reality. Chemistry Teaching.

Introdução

A intensa expansão e impacto das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) em diferentes espaços, tempos e contextos, no Século XXI, proporcionaram mudanças na forma como as atividades relacionadas com o ensino e a aprendizagem são desenvolvidas nos ambientes educacionais. Ao longo da primeira década do Século XXI observamos o crescimento exponencial dos dispositivos móveis, que como no passado com a televisão, desafiam os educadores a integrar estas tecnologias em suas práticas pedagógicas (MOORE; KEARSLEY, 2013; LEITE, 2015; BACICH; MORAN, 2018).

A evolução das tecnologias móveis tem possibilitado o desenvolvimento de diversos tipos de projetos e atividades relacionadas com a aprendizagem móvel (MOURA, 2012). Os ambientes ricos em tecnologias são potenciais de motivação para os estudantes, ao ativarem múltiplos sentidos e ao simularem realidades que podem transportar o mundo à universidade/escola, além de serem meios que devem facilitar a interação entre os envolvidos.

A onipresença das tecnologias móveis entre os jovens tem se convertido em uma plataforma ideal para oferecer e gerar conteúdos educativos tanto formal como informalmente (CAMACHO, 2012). Enquanto que os dispositivos móveis tem dado poder as comunicações móveis, estas têm mudado radicalmente o panorama educativo levantando desafios tanto para as instituições como aos agentes envolvidos no processo educativo. O paradigma de aprender em qualquer lugar e qualquer momento adquire grande importância e uma nova dimensão por causa da natureza móvel das tecnologias, propondo o acesso ao conteúdo educativo durante períodos de inatividade.

Nesse contexto, a aprendizagem móvel (ou *mobile learning*) é considerada como qualquer tipo de aprendizagem que ocorre quando o estudante não está em um local pré-definido, estático e estipulado pelo professor ou instituição de ensino, ou “no momento em que a aprendizagem acontece quando o estudante ‘tira’ vantagem das oportunidades de aprendizagem oferecidas por tecnologias móveis” (LEITE, 2015, p. 336). Os primeiros estudos sobre aprendizagem móvel datam de 2000, quando foi apresentado o potencial dos novos desenhos das tecnologias móveis que poderiam promover programas de formação continuada (SHARPLES, 2000) e posteriormente promovendo oportunidades de educação para adultos (CAMACHO, 2012).

Existe uma grande variedade de ferramentas de aprendizagem móvel que propõem o uso dos *smartphones* para desenhar, criar e compartilhar conteúdos educativos dos quais os estudantes fazem uso. Os relatórios do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI-Br) revelam que o principal equipamento para acessar à Internet nas escolas (públicas e privadas) pelos estudantes no Brasil é o *smartphone*. Os dados mostram que no ano de 2015, 73% dos estudantes utilizaram o celular para acessar à Internet, em 2016 o percentual foi de 77% e em 2017 o percentual aumentou significativamente

para 97% dos estudantes (CGI, 2018). Desse modo, considerando que as tecnologias móveis se tornam onipresentes (CAMACHO, 2012), a aprendizagem móvel tem surgido para fazer frente a alguns desafios nos processos de ensino e aprendizagem, contribuindo para apoiar a construção social do conhecimento entre os estudantes, aumentando seu compromisso crítico, criativo, colaborativo e de comunicação.

Podemos destacar que um destes desafios é ensinar conceitos abstratos da Química utilizando-se de exemplos concretos. Tais exemplos não são de fácil realização, tanto na sala de aula quanto no laboratório. Se um fenômeno pode ser observado visualmente e for necessário maiores explicações sobre esse fenômeno, o professor terá que fazer uso de animações para descrevê-lo.

Nesse contexto, consideramos que aplicativos de dispositivos móveis (*tablets*, *smartphones* etc.), em especial de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, podem ser ferramentas no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos na Química, principalmente dos conteúdos que estão mais distanciados do conhecimento dos estudantes, podendo auxiliar na visualização de moléculas, átomos, reações etc. Assim, nesta pesquisa discutiremos sobre pressupostos para a utilização dos recursos disponíveis nos aplicativos para dispositivos móveis para o ensino de Química, suas funções e possíveis aplicações.

Realidade Virtual e Realidade Aumentada

Com o advento das TDIC observamos a inserção de dois ambientes para o processo de ensino e aprendizagem: o real e o virtual. O ambiente real ou presencial é caracterizado pelo local físico em que ocorre as aulas. Já o ambiente virtual é categorizado como o local em que as atividades educacionais são realizadas no ciberespaço.

A Realidade Virtual (RV) é uma interface computacional avançada que envolve simulação em tempo real e interações, através de canais multissensoriais (BURDEA; COIFFET, 1994), tendo suas origens em 1963 quando Ivan Sutherland desenvolveu uma aplicação denominada *Sketchpad* (SUTHERLAND, 1963), que possibilitou a manipulação de imagens tridimensionais na tela do computador, em tempo real, além de ter criado o primeiro capacete de RV. Na literatura encontramos algumas definições para RV. Segundo Kirner (2011, s.p.), a RV é “uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos, através de dispositivos especiais”. Para Jerald (2015, p.10), a RV é definida “como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real”. Segundo Tori e Kirner (2006), a RV é a tecnologia que propicia uma imersão do ser humano em ambientes virtuais, com alto grau de realismo e sensação de presença. O objetivo da RV era tirar do usuário a percepção do mundo real e fazê-lo se sentir apenas no ambiente virtual, como continua a ser hoje (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018).

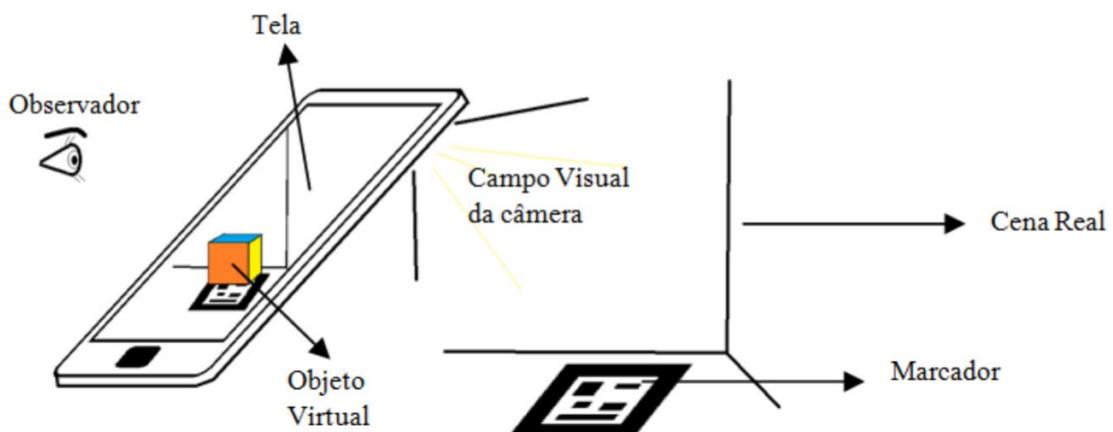
Quando utilizamos interações naturais e as informações virtuais em um mesmo espaço físico temos a Realidade Aumentada (RA). Enquanto a RV depende de equipamentos de visualização (capacete, monitor, projetor etc.), normalmente utilizados em ambientes fechados, a RA não apresenta esta restrição, podendo ser utilizada em qualquer ambiente (aberto ou fechado). Assim, como na RV, a RA apresenta conceitos distintos para alguns autores. Para Kirner e Siscoutto (2007) a RA é uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais gerados por



computador, podendo ser o enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações tátteis etc.) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos (KIRNER, 2011). A RA é obtida quando o usuário, sentindo-se no ambiente real, pode interagir com elementos virtuais devidamente registrados tridimensionalmente com o espaço físico real (TORI, HOUNSELL; KIRNER, 2018). Na concepção de Azuma (1997), a RA pode ser vista como um sistema que apresenta três características: combina o real com o virtual; é interativa em tempo real; e ajusta os objetos virtuais no ambiente 3D.

A RA é uma tecnologia emergente, que renderiza objetos virtuais bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) e permite que as pessoas interajam com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo. A RA se apresenta como o meio que une e combina informação complementar com objetos do mundo real. Não se deve confundir RA com RV (embora com ela se relacione) ou com ambientes imersivos. Na RA é a realidade que observamos, mas com camadas de informação que dão um poder de conhecimento, difícil ou impossível de obter de outra forma. Contudo, a RA não substitui o mundo real por um virtual, ao contrário “mantém o mundo real que o utilizador vê completando-o com informação virtual sobreposta ao real” (MOURA, 2012, p. 140). Macedo, Silva e Buriol (2016) apresentam o funcionamento da RA utilizando-se um dispositivo móvel (Figura 1).

Figura 1 – Representação do funcionamento da RA em *smartphones*

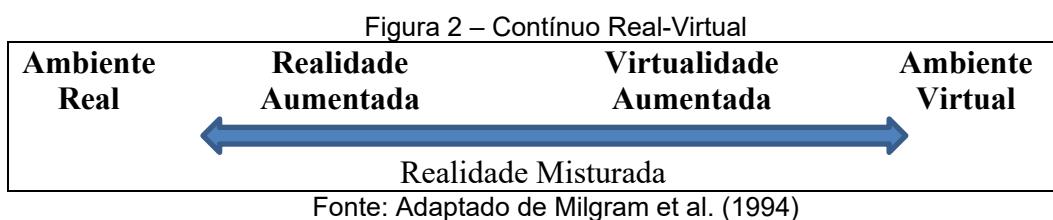


Fonte: Macedo, Silva e Buriol (2016)

Para ocorrer a RA é preciso um marcador (uma imagem que servirá como referência para a posição do objeto virtual) no campo visual da câmera. A projeção do objeto 3D ocorre por meio de um aplicativo instalado no *smartphone* que detecta e rastreia os marcadores gerando a imagem visualizada pelo observador. É importante destacar que a RV procura transportar o usuário para o ambiente virtual, já a RA mantém este mesmo usuário no seu ambiente físico (real) e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, por meio de algum dispositivo tecnológico (por exemplo, de um dispositivo móvel). Isto é, a RA é a ação de incluir objetos virtuais (geralmente tridimensionais) produzidos digitalmente em um ambiente real fazendo uso de um recurso tecnológico. Uma das vantagens da RA que pode ser usada no processo de ensino e aprendizagem é sua capacidade de fornecer visualização em 3D e ser usada em diferentes *smartphones* baseados no sistema *Android* muito utilizado pelos estudantes.



Milgram e colaboradores (1994) apresentam um contínuo realidade-virtualidade (Figura 2) que considera quando as informações reais são levadas para o mundo virtual, através de representações realistas, prevalecendo as interações virtuais.



O ambiente virtual (ou seja, a RV) encontra-se no lado direito da figura 2 e o que denominamos de mundo “real” está no polo esquerdo. O ambiente esquerdo consiste apenas de objetos reais e inclui o que pode ser observado ao visualizar uma cena do mundo real (MILGRAM et al., 1994). O ambiente direito é constituído por objetos virtuais, oriundos de simulações gráficas computacionais convencionais. Assim, a RA é obtida quando o usuário, estando no ambiente real, pode interagir com elementos virtuais devidamente registrados tridimensionalmente com o espaço físico real (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018). Já a virtualidade aumentada ocorre quando o mundo virtual é enriquecido com representações de elementos do mundo real pré-capturados em tempo real, que podem interagir no mundo virtual, a partir de dispositivos multissensoriais. Dentro dessa estrutura, o ambiente genérico denominado Realidade Mista (RM) é aquele em que objetos do mundo real e do mundo virtual são apresentados juntos em uma única exibição (MILGRAM et al., 1994).

Segundo Moura (2012) a tecnologia da RA vem se desenvolvendo, desde a década de noventa, por diferentes grupos de investigação. Ela é considerada uma das tecnologias mais sofisticadas na pesquisa em RV e eficaz como meio de aprendizado, especialmente na Química (IRWANSYAH et al., 2018). Destarte, destacamos algumas pesquisas (embora escassas) que fazem uso da RA na Química.

Um dos primeiros trabalhos observados que fazem uso da RA no ensino de Química foi publicado por Chen (2006). O objetivo desta pesquisa foi investigar como os alunos interagem com a RA e modelos físicos avaliando suas percepções sobre essas duas representações no aprendizado sobre aminoácidos. O estudo mostrou que alguns estudantes tendem a tratar a RA como objetos reais. Singhal e colaboradores (2012), desenvolveram o *Augmented Chemistry*, um recurso que auxilia os estudantes a visualizarem estruturas moleculares em três dimensões, apresentando possibilidades de uso nas aulas de Química. Alsberg (2012) aplica conceitos de RA para gerar imagens Químicas e combiná-las com a visão humana. O objetivo do autor foi utilizar conceitos de RA para auxiliar na visualização de imagens Químicas. A pesquisa de Queiroz, Oliveira e Rezende (2015) destacava o uso da RA no ensino de Química permitindo apresentar detalhes aos estudantes dos conteúdos estudados em sala de aula de forma abstrata, fazendo uso de imagens e livros didáticos, proporcionando um momento de interação com os conteúdos da Química. Irwansyah e colaboradores (2018) elucidam sobre o desenvolvimento de aplicativos de RA para o ensino de geometria molecular. Segundo os autores o produto desenvolvido apresentou-se viável para ser utilizado nas aulas de Química, ocasionando na melhoria de compreensão do conteúdo em até 92,5% dos estudantes.



Metodologia

Utilizando-se de métodos qualitativos de pesquisa, este trabalho se caracteriza como um estudo exploratório. Segundo Gil (2012), as pesquisas exploratórias procuram obter uma visão geral, de modo aproximado, de determinado fato. De modo a atender as diretrizes dessa pesquisa exploratória, assumimos o papel de “observador total” (LÜDKE; ANDRÉ, 2012). Para estas autoras o observador total é aquele pesquisador que “[...] não interage com o grupo observado. Neste papel ele pode desenvolver a sua atividade de observação sem ser visto, ou pode estar na presença do grupo sem estabelecer relações interpessoais” (LÜDKE; ANDRÉ, 2012, p. 29).

Como fonte de dados para esta investigação optamos por utilizar o *corpus* latente da *Google Play* (<https://play.google.com>). Segundo Pina, Souza e Leão (2013), o *corpus* latente é um modelo de investigação que analisa informações contidas na Internet, extraíndo-as a partir da análise da própria Internet, isto é, sobre o conteúdo disponível. A escolha dos aplicativos da *Google Play* levou em conta por se tratar do sistema operacional *Android* (.apk), considerado um dos mais comuns entre os dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets* etc.) utilizados por professores e por estudantes (LEITE, 2017). Além disso, este sistema é um dos mais utilizados no mercado de produção de aplicativos para dispositivos móveis (BUSINESSWIRE, 2017), por suas diversas funções e utilidades, além de ser considerado o mais popular até o atual momento (SANTOS; LEITE, 2019). Assim, buscamos identificar neste ambiente os objetivos e os temas presentes dos aplicativos disponibilizados.

Com o intuito de conhecer os aplicativos com potencial para serem utilizados no ensino de Química, disponíveis na *Google Play*, realizamos o levantamento tendo como orientação uma série de palavras-chaves correlatas: “Realidade Virtual”, “Realidade Aumentada”, “Virtual Reality” e “Augmented Reality”. Buscamos também o cruzamento dessas palavras-chave com os termos ensino/educação, Química e Ensino de Química. A escolha pela versão em língua portuguesa e em língua inglesa para a mesma palavra de busca, justifica-se pelo pressuposto de obtermos um número maior de aplicativos para a nossa análise, considerando que a maioria estaria disponível em língua inglesa. Contudo, nosso olhar está focado na utilização destes aplicativos por professores e estudantes de Química, considerando assim que os aplicativos em língua portuguesa seriam mais convenientes para nossa discussão.

Por fim, cabe ressaltar que nosso levantamento consistiu em encontrar aplicativos com potencial para utilização no ensino de Química e que não necessariamente tenham sido desenvolvidos com esta finalidade.

Resultados e discussão

Na presente seção, apresentamos os resultados alcançados durante o processo de investigação da pesquisa. Primeiramente, os resultados do levantamento na *Google Play*, destacando-se um breve resumo sobre a pesquisa, em seguida a análise das funcionalidades e possibilidades dos aplicativos serem utilizados no ensino de Química.

Durante a pesquisa foi possível constatar que a *Google Play* apresenta um caráter infinito de dados para o *corpus* latente de conteúdo, ou seja, se realizarmos uma busca um período depois os resultados apresentados terão alta probabilidade de serem diferentes (PINA; SOUZA; LEÃO, 2013). Contudo, as amostras obtidas em nossa



pesquisa possibilitam uma análise representativa dos aplicativos para dispositivos móveis. De conhecimento que os estudos sobre o *corpus* latente de dados na Web 2.0 começam (uma vez estabelecida a fonte de dados) por definir o subconjunto populacional de acordo com nossos interesses de investigação, analisamos o *corpus* latente de aplicativos para dispositivos móveis envolvendo Realidade Aumentada e Realidade Virtual.

Aplicativos para RA e RV na Química

No levantamento inicial percebe-se que são diversos os aplicativos disponíveis na *Google Play*. Durante a busca o limite para exibição para cada palavra chave é de 250 aplicativos. Independentemente do tipo de escolha na pesquisa (gratuito, pago, RA, RV) os resultados exibidos são limitados em 250 aplicativos, porém este número não representa o total de aplicativos disponíveis na *Google Play*, o que nos leva a conjecturar que há um número maior de aplicativos disponíveis nesta plataforma, o que inviabiliza o conhecimento do número total de aplicativos disponíveis. Todavia, como mencionado anteriormente, o *corpus* latente já prevê que tal situação não é passível de refutação para os resultados encontrados (PINA; SOUZA; LEÃO, 2013).

Em nosso levantamento foi percebido que existem diversos aplicativos que fazem uso da realidade aumentada e realidade virtual e de ambas as realidades (RAV). O Quadro 1 apresenta os direcionamentos dos aplicativos disponíveis para Química, seus desenvolvedores, tamanho do arquivo que pode variar de acordo com o dispositivo (VAD – Varia de Acordo com o Dispositivo) e o tipo de licença.

Quadro 1 – Aplicativos de RAV na Google Play

Nome do Aplicativo	Tipo	Desenvolvedor(es)	Tamanho	Licença
360ed's Elements AR	RA	360ed	VAD	Gratuito
AR VR Molecules Editor	RAV	Virtual Space LLC	VAD	Pago
AR VR Molecules Editor Free	RAV	Virtual Space LLC	VAD	Gratuito
AR_Atoms Revealed	RA	Michael Ruders Høeg	4,1M	Gratuito
AR-Chemist	RA	FiPro Studio	30M	Gratuito
ARChemry	RA	PTIK Unnes 2013	25M	Gratuito
Arloon Chemistry	RA	Arloon	29M	Pago
ARMolVis	RA	National University of Singapore	34M	Gratuito
AtomAR by Aura Interactive	RA	Aura-Interactive	25M	Gratuito
Chemistry AR (BETA)	RA	Petra Christian University	VAD	Gratuito
Chemistry Simulator AR	RA	Reptilesoft	48M	Gratuito
Chemistry VR - Cardboard	RV	ARLOOPA Inc.	53M	Gratuito
Chemxicon	RA	Tymscar	38M	Pago
Chemxicon Free	RA	Tymscar	38M	Gratuito
Cristaloquímica - Aumentada	RA	Federico Galizia	VAD	Gratuito
Dat Thin Pone HighSchool Chemistry AR Learning App	RA	360ed	97M	Gratuito
EduChem	RA	Edukasie	56M	Gratuito
ElementAR	RA	ITESM ITE430714KI0	16M	Gratuito
Elements - Tabela Periódica	RA	LITD	53M	Gratuito
Learning Carbons VR	RV	EduChem VR	37M	Gratuito
Learning MacroMol VR	RV	EduChem VR	36M	Gratuito
Learning StereoChem VR	RV	EduChem VR	31M	Gratuito
Isomers AR	RA	Alchemie Solutions, Inc	40M	Gratuito
MEL Chemistry	RV	MEL Science	VAD	Gratuito



MEL Chemistry VR	RV	MEL Science	68M	Gratuito
ModelAR Organic Chemistry	RA	Alchemie Solutions, Inc	62M	Gratuito
MoleculAR	RA	Organic Chemistry Explained!	71M	Gratuito
Periodic Table ARVR	RAV	Adonia Technologies Private	35M	Gratuito
Química 3D - CTI - Unesp	RA	CTI - Unesp - Bauru	VAD	Gratuito
QuimicAR	RA	CreativiTIC	16M	Gratuito
QuimicAR	RA	Odilon Corrêa Silva	62M	Gratuito
RAppChemistry: AR	RA	RAppChemistry	29M	Gratuito
Sparklab - Chemistry app in AR/VR	RAV	ARX	76M	Gratuito
TRPEV-RA	RA	Federico Galizia	VAD	Gratuito

Fonte: Próprio autor (2020)

Dentre as centenas de aplicativos disponibilizados na plataforma, encontramos trinta e quatro (34) referentes aos critérios de busca utilizados nesta pesquisa (Quadro 1). Selecionamos cinco (05) aplicativos (dois de RA, dois de RV e um de RAV) para realizarmos as análises (Quadro 2). Como critério de seleção destes aplicativos, relacionamos prioritariamente os que foram desenvolvidos no Brasil e em seguida os mais baixados pelos usuários na plataforma *Google Play*.

Quadro 2 – Aplicativos selecionados para a pesquisa

Nome do Aplicativo	Tipo	Downloads	Idioma	Avaliação
AR VR Molecules Editor Free	RAV	+ de 5 mil instalações	Inglês	3,7
Learning Carbons VR	RV	+ de 500 instalações	Inglês	4,1
MEL Chemistry VR	RV	+ de 10 mil instalações	Inglês	4,4
Química 3D - CTI - Unesp	RA	+ de 1 mil instalações	Português	4,6
RAppChemistry: AR	RA	+ de 10 mil instalações	Espanhol/ Inglês	3,5

Fonte: Próprio autor (2020)

No Quadro 2 estão os aplicativos selecionados, considerando primeiro os que foram desenvolvidos no Brasil (apenas um) e em seguida os com maiores números de downloads por categoria (RA, RV, RAV). A nível de informação foi inserida as notas relacionadas a Avaliação do aplicativo pelos usuários na própria plataforma, contudo estas notas não foram consideradas como critério de escolha.

Pressupostos para utilização de RA e/ou RV no ensino de Química

É importante destacar que todos os aplicativos descritos aqui, podem ser utilizados como recurso didático digital para o ensino de Química, dependendo da estratégia preparada pelo professor de Química.

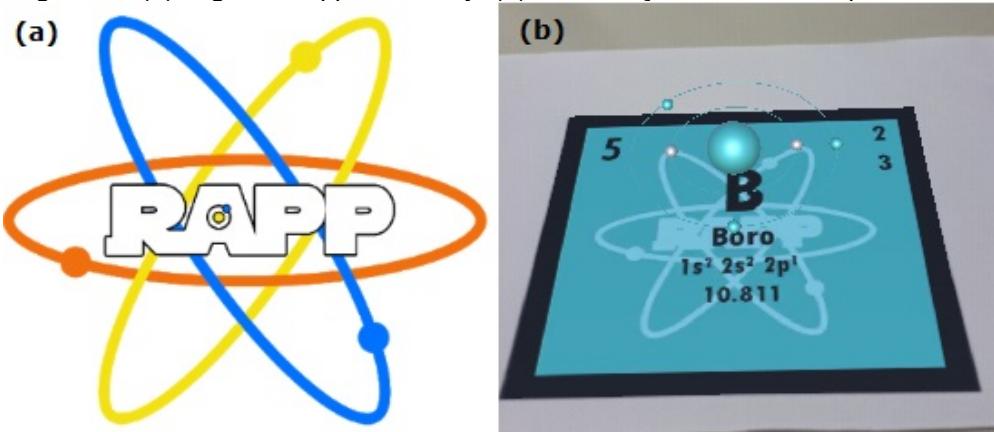
Os aplicativos que fazem uso da RA em geral estão divididos em duas modalidades: baseados em geo-localização ou no reconhecimento de imagem. Os baseados em geo-localização fazem uso do GPS (*Global Positioning System*) e sensores para determinar a localização em que os elementos virtuais devem aparecer sobrepostos ao ambiente real (DENARDIN; MANZANO, 2017). A modalidade de reconhecimento de imagem faz uso da identificação de imagens específicas registradas por câmeras e codificadas pelo aplicativo específico de RA incorporando o elemento virtual no ambiente real. Geralmente, o elemento virtual é observado através de algum material impresso. A utilização da RA no ambiente educacional deve considerar alguns aspectos (KERAWALLA et al., 2006): os alunos devem buscar interagir com os



elementos de RA e o professor deve ser o mediador na exploração dos conteúdos; os conteúdos devem ser adequados para o contexto educacional e adaptado pelo professor de acordo com suas necessidades e com o nível de ensino no qual eles serão desenvolvidos; o tempo para a utilização do recurso na discussão do conteúdo deve ser o mesmo tempo que seria utilizado em uma abordagem em sala de aula.

O primeiro aplicativo descrito refere-se ao *RApp Chemistry* (Figura 3) que possibilita aos estudantes aprenderem com mais facilidade a estrutura atômica. O *RApp Chemistry* é um aplicativo desenvolvido para plataforma *Android* que usa RA, a partir da exposição dos elementos da tabela periódica com o modelo atômico de Niels Bohr na terceira dimensão (3D), além de conter as informações básicas dos elementos químicos.

Figura 3 – (a) Logo do *RApp Chemistry*. (b) Visualização do marcador para o Boro



Fonte: Extraído de *RApp Chemistry*

Com este aplicativo os estudantes podem conhecer todos os elementos da tabela periódica em 3D. Ao incidir a câmera no marcador, o elemento é visualizado pelo observador. Os elementos apresentam além do nome, a configuração eletrônica, o número de elétrons por camada eletrônica e o número atômico. Em uma aula sobre as configurações eletrônicas, por exemplo, o professor pode utilizar esse aplicativo e debater: “Qual a configuração eletrônica que o elemento x apresenta?”, “Quantos elétrons podem ser observados na camada de valência do átomo x?”, “Quais as diferenças entre os elementos de determinada família?”, entre outros questionamentos relativos ao conteúdo. Ademais, o aplicativo permite a predição do comportamento dos sistemas químicos sob condições específicas impostas pelo entorno circundante. Diante das características que um aplicativo de RA deve apresentar, descritos por Kerawalla e colaboradores (2006), o *RApp Chemistry* permite a interação dos estudantes com os elementos em RA, além de possibilitar que o professor seja o facilitador no processo de ensino e aprendizagem (dependendo da estratégia optada pelo professor). Contudo, é preciso sinalizar que uma das limitações do aplicativo é a necessidade do estudante ter um *smartphone* ou *tablet* com sistema operacional *Android 4.1* (ou superior) para utilizar o *RApp Chemistry*, o que pode dificultar o seu uso por parte de alguns estudantes que podem não ter um dispositivo móvel com as especificações técnicas adequadas. Outra dificuldade está no fato de que nem todos os estudantes utilizam seu dispositivo móvel na escola, conforme relatório do CGI-Br (2019). Destaca-se que embora o aplicativo seja em espanhol (linguagem utilizada pelos desenvolvedores), as informações contidas nos marcadores estão em inglês. Porém, mesmo estando em inglês os nomes dos elementos químicos, o aplicativo não apresenta dificuldades para seu uso, uma vez



que os estudantes podem encontrar os elementos não só pelos nomes, mas também por meio do seu número atômico. Na *Google Play* há um link disponível para download dos marcadores do aplicativo.

O segundo aplicativo apresentado nesta pesquisa é o *Química 3D - CTI - Unesp* (Figura 4), que foi elaborado por estudantes do Colégio Técnico Industrial Isaac Portal Roldán (CTI). O aplicativo tem por objetivo auxiliar estudantes e professores nas aulas de Química do ensino médio. Nele são disponibilizados animações, vídeos e objetos em 3D imersos no ambiente baseado em RA.

Figura 4 – Tela inicial do Química 3D - CTI - Unesp



Fonte: Extraído de Química 3D - CTI - Unesp

O aplicativo apresenta cinco botões (Figura 4) com as seguintes atribuições: botão “Conteúdo” que apresenta todos os assuntos abordados pelo aplicativo separados por três abas que dão acesso aos conceitos trabalhados em cada ano do ensino médio (os desenvolvedores optaram por dividir os conteúdos baseados nos livros didáticos de Química do ensino médio); botão “Material Anexo” que envia para o e-mail cadastrado no aplicativo um arquivo com informações sobre os conteúdos e instruções de uso do *Química 3D - CTI - Unesp*; botão “Informações” que apresenta instruções para o uso do aplicativo, as razões para o desenvolvimento do aplicativo, seus desenvolvedores e as instituições relacionadas; botão “Configurações” na qual o usuário tem a opção de alterar seus dados (exceto o e-mail); botão “Sair”, quando o usuário deseja fazer o *logoff*.

Com o aplicativo é possível o estudante aprender sobre os conteúdos de Química presentes no 1º, 2º ou 3º ano do ensino médio. O aplicativo apresenta diversos



conteúdos que podem ser explorados possibilitando maior engajamento dos estudantes para seu uso. Uma das características presentes no aplicativo é permitir que o estudante possa “manusear” o objeto visualizado na tela do *smartphone*. Dessa maneira, busca-se potencializar o conhecimento do estudante, já que proporciona um conteúdo interativo e uma experiência imersiva e dinâmica no estudo da Química. Ademais, o *Química 3D - CTI – Unesp* tem o potencial de ajudar os estudantes e contribuir para o desenvolvimento das habilidades necessárias para a compreensão dos conceitos da Química.

Por apresentar os conteúdos do ensino médio, as possibilidades de utilização são inúmeras, por exemplo, ao estudarem o conteúdo de ligações químicas, o professor pode solicitar que os estudantes visualizem no aplicativo os tipos de ligações químicas existentes, possibilitando uma visão tridimensional destas ligações. Se for discutir sobre o conteúdo das reações químicas, o professor poderá apresentar alguns tipos de reações presentes no aplicativo, elucidando algumas características. É preciso destacar que, assim como qualquer material, quer seja digital ou físico, eles possuem limitações, nesse sentido é preciso que o estudante de química, por exemplo, faça uso dos diversos recursos disponíveis e não em apenas de um único recurso (LEITE, 2015). No caso do *Química 3D - CTI – Unesp*, os textos disponibilizados são curtos e com isso é necessário que o professor o utilize como um complemento a sua aula para auxiliar o estudante na compreensão do conteúdo e não como o principal recurso. Essa limitação é observada em todo os textos apresentados no aplicativo, embora se conjectura que não é objetivo do *Química 3D - CTI – Unesp* ser a única fonte de informação para os conteúdos propostos. Outrossim, é possível inferir que o aplicativo constitui um bom recurso para visualizar as moléculas (interações, átomos, ligações, reações etc.), mas não pode ser considerado como o único recurso a ser utilizado. É preciso destacar que o fato de ser em português, o *Química 3D - CTI – Unesp* contribui para maior utilização por parte dos estudantes e professores de química. Contudo, as exigências de ter um sistema operacional *Android 5* (ou superior) limita o uso do aplicativo pelos estudantes e professores que porventura podem não ter um dispositivo com as especificações técnicas mínimas exigidas, inclusive o espaço utilizado para armazenamento ser variável de acordo com o dispositivo é mais um dificultador para a utilização do *Química 3D - CTI – Unesp*.

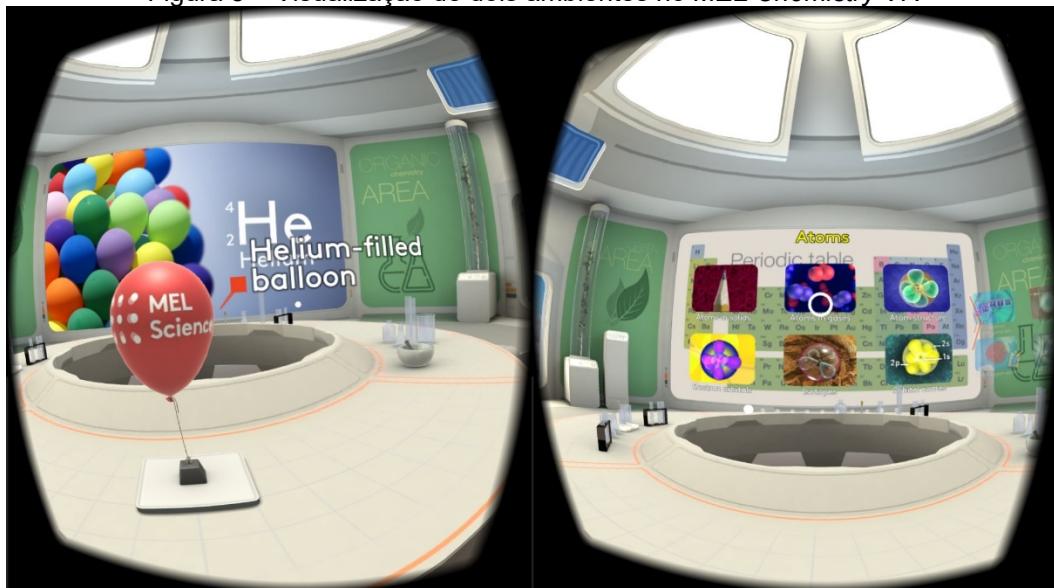
Destaca-se que tanto o *RApp Chemistry* quanto o *Química 3D - CTI – Unesp* (bem como os demais aplicativos observados no Quadro 1) possibilitam que o professor, ao utilizá-los em sala de aula, avaliem o desempenho em tempo real de seus estudantes, de modo que possam identificar as dificuldades de aprendizagem de modo instantâneo (*Feedback*).

Os diferentes formatos de RA presentes nos aplicativos encontrados nesta pesquisa podem ser aproveitados para experiências em diversos contextos educativos. Esses aplicativos aliam a capacidade gráfica, a mobilidade e a máxima interatividade proporcionando ao usuário uma experiência visual única. O uso de tais recursos pode contribuir para a construção do conhecimento a partir do conteúdo multimídia com alto grau de interatividade, permitindo o desenvolvimento de atividades educativas individuais ou colaborativas. Todavia, é preciso considerar que uma das principais dificuldades na utilização de aplicações em RA é o problema do rastreamento do ponto de vista do usuário, ou seja, o aplicativo precisa “saber” onde o usuário está olhando para o mundo real para chamar as imagens virtuais, bem como a necessidade de dispositivos móveis compatíveis com as configurações mínimas exigidas pelos aplicativos de RA.



Em relação aos aplicativos que utilizam RV, destacamos o *MEL Chemistry VR Lições de Química* (Figura 5). O aplicativo é um curso de aulas de Química compatível com o currículo escolar em realidade virtual, permitindo aprender conceitos básicos da Química usando jogos científicos e métodos de imersão. Embora as lições estejam em inglês, o aplicativo proporciona ao estudante conhecer objetos simples, como um lápis ou um balão, até saber a diferença entre substâncias sólidas e gasosas em nível molecular. Além disso, o aplicativo trabalha com experimentos e aulas em um ambiente 100% virtual, possibilitando explorar cenários atômicos, conferir a composição de objetos comuns do dia a dia e aprender como teorias químicas funcionam na prática.

Figura 5 – Visualização de dois ambientes no *MEL Chemistry VR*



Fonte: Extraído de *MEL Chemistry VR*

Com o auxílio dos óculos de RV o aplicativo possibilita que o estudante faça uma imersão em diversos objetos (como no lápis ou no diamante). O estudante poderá “olhar” compostos químicos no interior dos objetos. É importante destacar que o *MEL Chemistry VR* busca “transportar” os estudantes para o nível molecular, a fim de que eles observem como átomos e moléculas interagem. Um dos aspectos positivos do aplicativo é o fato de que sua dinamicidade permite maior engajamento e motivação dos estudantes. A imersão na RV não permite distrações no processo de aprendizagem. As aulas curtas, aproximadamente 5 minutos de duração, são uma ótima maneira de entender conceitos Químicos complexos através de visualizações interativas.

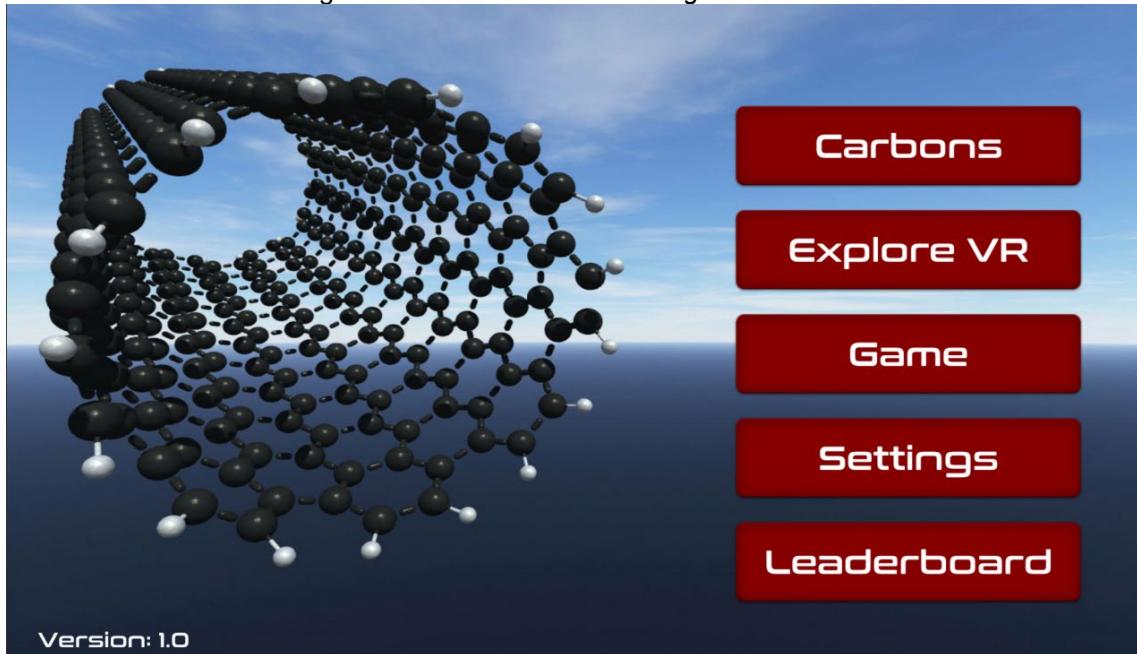
Os professores podem contar com 28 atividades e testes em RV para discutir os principais tópicos da Química, algumas são: estrutura atômica, em que o estudante transitará sobre as três partículas subatômicas (prótons, elétrons e nêutrons) e sobre o átomo cercado por uma nuvem de elétrons e seu núcleo atômico; átomos em sólidos e gases, nesta seção o estudante observará como estão organizados os átomos que formam balões e lápis, compreendendo que átomos sólidos não permanecem imóveis, mas estão em movimento. Também é discutido sobre o comportamento dos átomos quando a temperatura aumenta, entre outras discussões; estrutura dos átomos e moléculas. Utilizando-se de um laboratório interativo, o aplicativo permite construir quaisquer átomos e estudar a estrutura dos seus orbitais atômicos; tabela periódica, nela o estudante aprenderá como foi organizada a tabela periódica e o porquê dos



elementos estarem colocados em cada família e grupo, além de poder ver a estrutura atômica e a configuração eletrônica de qualquer elemento. Cabe ao professor, escolher qual recurso se adequa a sua realidade e de seus estudantes. É possível no uso aplicativo maior interação entre o professor e os estudantes, ao considerarmos que durante a imersão no *MEL Chemistry VR* o professor acompanha de perto a atividade sem o autoritarismo existente na aula tradicional (expositiva não dialogada). Como já informado, o aplicativo é em inglês o que conduz a uma dificuldade de uso por parte dos estudantes, além disso, outra dificuldade está na necessidade do uso de equipamentos de visualização (por exemplo, óculos para RV) para “navegar” pelas aulas (no laboratório e ambientes do aplicativo) e selecionar as respostas das atividades, por exemplo. Para estudantes que têm problemas de orientação (por exemplo, labirintite), o *MEL Chemistry VR* pode não ser o recurso mais adequado a ser utilizado pelo professor, o que resultaria na dificuldade de aplicação, tendo em vista que nem todos os estudantes poderiam utilizá-lo.

O segundo aplicativo sobre RV a ser descrito neste artigo é o *Learning Carbons VR* (Figura 6). O *Learning Carbons VR* é um aplicativo educacional de realidade virtual, em que os alunos podem aprender sobre as várias formas do carbono.

Figura 6 – Tela inicial do *Learning Carbons VR*



Fonte: Extraído de *Learning Carbons VR*

Na tela inicial do aplicativo é possível acessar informações sobre o carbono (*Carbons*) ao clicar no botão correspondente. Nesta opção o estudante terá dados (em inglês) sobre o carbono, tipos de ligações, propriedades físicas, dentre outras informações. No botão *Explore VR* são disponibilizados cinco opções de visualização das estruturas do carbono (grafite, nanotubo, grafeno, fulereno C₆₀ e diamante) ou a opção de visualizar todas as estruturas (*Autopilot*). Ao selecionar uma das opções o estudante será “imerso” na estrutura escolhida, podendo navegar por ela, visualizando suas ligações e formato. O botão *game* (*play*) conduz a uma competição na qual o usuário deve “pegar” cinco esferas laranjas no menor tempo possível. Cada esfera laranja representa uma das estruturas do carbono. Essa opção pode permitir que o professor faça uma “competição” com os estudantes durante a visualização das estruturas do carbono. Soares (2013) destaca que a competição é uma forma de reforçar o conceito

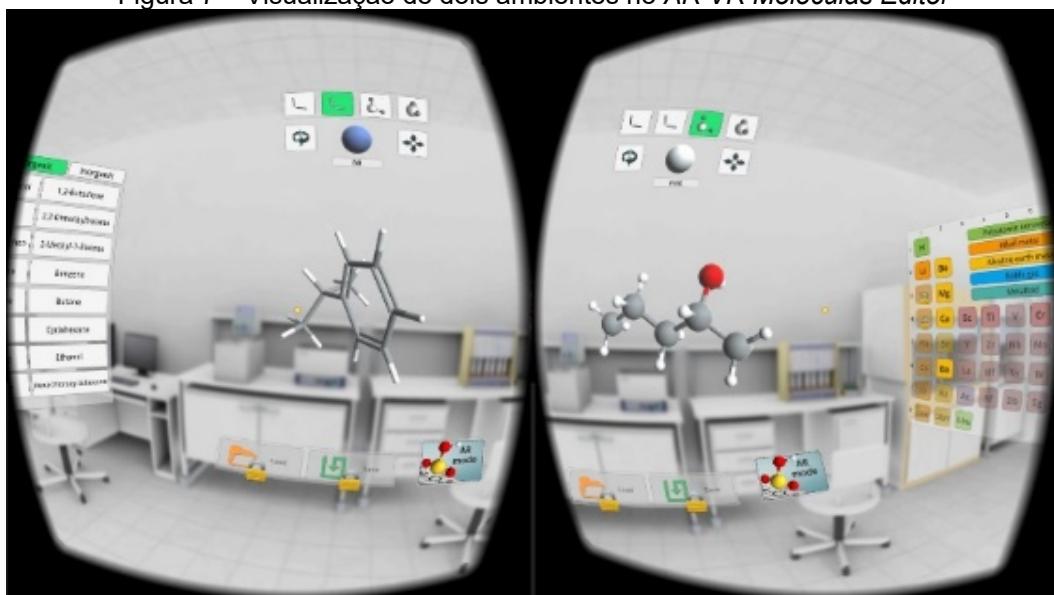


a ser trabalhado em sala de aula e que se pode formar grupos de estudantes para competirem ou, dependendo do número de estudantes, estudante contra estudante, de forma individual. Por certo, é importante salientar que a competição deve ter como objetivo “o aprendizado e a diversão” (SOARES, 2013, p. 66).

O *Learning Carbons VR* busca envolver os usuários através de uma proposta de imersão permitindo que professores e estudantes entrem no “mundo virtual” dos átomos e moléculas para compreender o átomo de carbono enquanto participam de um passeio no aplicativo. A proposta dos desenvolvedores é que o aplicativo forneça experiências de RV no intuito de melhorar a compreensão dos conceitos abstratos. Nesse contexto, o professor pode utilizar o *Learning Carbons VR* para explorar as estruturas do carbono, possibilitando que o estudante visualize em 360° como estas estruturas são organizadas. Contudo, este aplicativo apresenta uma tendência maior para a dispersão dos estudantes, pois como seus objetivos não são claros, na primeira utilização os estudantes podem ficar “perdidos” durante seu uso, caso o professor não faça as orientações sobre o que será feito nele. Também é possível observar dificuldades dos estudantes em interpretar as moléculas presentes no aplicativo. Ademais, se o estudante tem problemas de orientação (como labirintite) seu uso não é muito recomendado devido ao fato do passeio realizado durante seu uso poder ocasionar desorientação no usuário. Outra limitação é que o *Learning Carbons VR* mostra a visualização limitada de algumas moléculas, além da necessidade de um óculos para RV com botões de função a serem utilizadas durante seu uso.

Por último o aplicativo *AR VR Moléculas Editor* (Figura 7) permite construir e manipular modelos de moléculas 3D de compostos orgânicos e inorgânicos a partir de um aparelho de RV. Seu objetivo é que os estudantes aprendam sobre ligação molecular com auxílio da visualização em RAV.

Figura 7 – Visualização de dois ambientes no *AR VR Moléculas Editor*



Fonte: Extraído de *AR VR Moléculas Editor*

O aplicativo é projetado para estudantes de Química do ensino médio ou do ensino superior. Nele, todas as moléculas são objetos em 3D e possibilita que o estudante aprenda sobre átomos e ligações Química por meio da RVA (Realidade Virtual e Realidade Aumentada). A RA ajuda a fazer conexões a partir da visualização do abstrato para o mundo real. O professor pode utilizar o *AR VR Moléculas Editor* para



construir estruturas moleculares orgânicas e inorgânicas com ligações simples, duplas e triplas, assim como os compostos cíclicos. As moléculas podem ser visualizadas em 3D utilizando modelos de preenchimento de espaço (vareta, bola e vareta e bola).

No uso do *AR VR Moléculas Editor* o professor pode discutir sobre algumas das moléculas disponíveis nele. Por exemplo, ao discutir sobre o benzeno, o professor pode solicitar que os estudantes selecionem os tipos de representações do benzeno (bolas, varetas, bolas e varetas etc.), além de visualizar a molécula em 360º possibilitando discutir tipos de ligações e interações que estão ocorrendo. Na utilização deste aplicativo as representações das moléculas encontram-se estáveis, isto é, com todos os elétrons livres da camada de valência formando pares eletrônicos podendo gerar dificuldades de entendimento dos estudantes. A necessidade de um óculos de RV limita o seu uso em sala de aula, tendo em vista que todos os estudantes deveriam ter durante a atividade. Uma forma de suprir essa dificuldade é a confecção de óculos de RV de papelão pelos estudantes.

Em suma, esperamos que o uso dos aplicativos apresentados nesta pesquisa possam contribuir para a construção do conhecimento dos estudantes de Química, considerando que o professor tem papel importante nesse processo. Segundo Leite (2018), o professor como mediador/orientador pode promover atividades que tornem os estudantes ativos no processo de sua aprendizagem. Ademais, em atividades envolvendo RA e RV é possível que os estudantes aprendam de formas distintas, desde que os professores preparem as atividades explorando estratégias didáticas que contemplam os conteúdos presentes nos aplicativos. Para isso, é preciso que o professor supere as limitações em relação as tecnologias digitais e a sua formação. Acreditamos que durante a utilização dos aplicativos de RA e RV é possível que os estudantes aprendam quando passam do não domínio do conteúdo químico ao domínio do conteúdo químico. Destarte, quando o professor propõe uma atividade envolvendo RA e RV, a sua atuação como mobilizador inicia-se na proposição das estratégias de uso, na construção das atividades envolvendo os aplicativos, sendo possível ter um estudante epistêmico (aquele estudante que pensa sobre o que visualiza).

A aplicação de atividades com RA e RV no ensino de Química ainda são incipientes, pode-se citar a falta de costume dos professores com propostas diferenciadas daquelas às quais eles estão acostumados em sala de aula (por exemplo, aula expositiva, utilização do livro como único recurso para as aulas, aulas exclusivamente em *powerpoint* etc.) como uma das maiores barreiras para aplicação destas atividades. Outra resistência que pode ser observada pelos professores diz respeito ao fato deles terem que estudar mais os conteúdos que vão utilizar com o aplicativo. Isso acontece por que atividades de RA e RV sugerem novas alternativas de exploração dos conteúdos de Química (diretamente relacionados à visualização ou de conteúdos correlatos ao que se visualiza) que podem gerar mais perguntas dos estudantes no momento da utilização destes recursos.

Diante das possibilidades e dificuldades observadas para o uso de aplicativos com RA e/ou RV no ensino de Química, sugerimos que o professor faça uso frequente de atividades que envolvam estes recursos em suas aulas. Quando esta ação passa a ser comum em sua prática pedagógica, ela se torna uma excelente alternativa em sala de aula, que auxiliará os professores, engajando os estudantes e tornando as aulas mais dinâmicas. Contudo, não devemos ter essas atividades como uma panaceia que



irá resolver todos os problemas de ensino e aprendizagem da Química. Outros aspectos também devem ser considerados.

Por fim, cabe ressaltar que aplicativos de RA e RV nas aulas de química podem ser uma metodologia favorável no processo de ensino e aprendizagem, principalmente quando a aprendizagem está centrada no aluno (LEITE, 2018). Consideramos que é importante discutir o quanto a RA e RV podem contribuir em relação ao conhecimento científico na formação do estudante e que o conhecimento adquirido durante uma atividade com aplicativos de RA e RV contribuem para romper com as práticas tradicionais, por muitas vezes enraizadas nas aulas de Química.

Considerações Finais

A apropriação de aplicativos de RAV no contexto educacional deve ser planejada para ir além de uma mera transposição de conteúdo do meio analógico para o digital. O professor deve considerar a adoção desses recursos de forma a contemplar a construção do conhecimento de seus estudantes.

A partir do que foi apresentado nessa pesquisa (de forma breve), é possível compreender a importância e o lugar que os aplicativos para dispositivos móveis podem ocupar no contexto educacional atual. Embora muitos docentes se manifestem dizendo preferir não utilizar os recursos didáticos digitais, pois entendem que o uso desses recursos representa momentos de distração e, portanto, não são “adequados” para o ensino, acreditamos que o uso dos aplicativos encontrados nesta pesquisa pressupõem boas perspectivas para o ensino da Química.

Por fim, incentivamos os professores de Química a refletirem sobre a importância de aulas mediadas pelas TDIC, em especial pelos aplicativos de RAV de Química e da necessidade de incorporar os recursos didáticos digitais em suas práticas pedagógicas, compreendendo como esses recursos podem contribuir na construção do conhecimento de forma mais flexível e dinâmica para todos os atores envolvidos nestes processos.

Referências

- ALSBERG, Bjørn K. Is sensing spatially distributed chemical information using sensory substitution with hyperspectral imaging possible?. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 114, p. 24-29, 2012.
- AZUMA, Ronald A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v.6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BURDEA, Grigore; COIFFET, Philippe. **Virtual RealityTechnology**. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- BUSINESSWIRE. **Android Overtakes Windows for First Time – StatCounter**. 2017. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y5fl2fn8>>. Acesso em: 18 de set. 2019.
- CAMACHO, Mar. Mobile learning en la educación superior: primeros pasos para el diseño y creación de cursos con tecnologías móviles. In: CARVALHO, A. A. A.



Aprender na era digital: jogos e mobile-learning. Santo Tirso: De Facto Editores, 2012, p. 111-125.

CGI-Br. Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras: TIC educação 2017. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2018.

CGI-Br. Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras: TIC educação 2018. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2019.

CHEN, Yu Chien. A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. In: **Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications**. ACM, p. 369-372, 2006.

DENARDIN, Luciano; MANZANO, Ramón Cid. Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física. **RENOTE**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

IRWANSYAH, Ferli Septi et al. Augmented reality (AR) technology on the android operating system in chemistry learning. In: **IOP conference series: Materials science and engineering**. IOP Publishing, 2018. p. 012068.

JERALD, Jason. **The VR book: human-centered design for virtual reality**. Morgan & Claypool, 2015.

KERAWALLA, Lucinda et al. "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. **Virtual Reality**, v. 10, n. 3-4, p. 163-174, 2006.

KIRNER, Claudio. **Realidade Virtual e Aumentada**. 2011. Disponível em: <http://www.realidadevirtual.com.br>. Acesso em 18 out. 2019.

KIRNER, Claudio; SISCOUTTO, Robson. **Realidade virtual e aumentada**: conceitos, projeto e aplicações. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007.

LEITE, Bruno Silva. Aplicativos para dispositivos móveis no ensino de Astroquímica. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 3, n. 1, p.150-170, 2017.

LEITE, Bruno Silva. Aprendizagem Tecnológica Ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 4, n. 3, p. 580-609, 2018.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química**: teoria de prática na formação docente. Curitiba: Appris, 2015.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação**: Abordagens qualitativas. São Paulo: E.P.U., 2012.

MACEDO, Alex de Cassio; SILVA, João Assumpção da; BURIOL, Tiago Martinuzzi. Usando Smartphone e Realidade aumentada para estudar Geometria espacial. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.

MILGRAM, Paul et al. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: **Telemanipulator and telepresence technologies**. International Society for Optics and Photonics, v. 2351, p. 282-292, 1994.



MOORE, Michael G.; KEARSLEY, Greg. **Educação a distância**: Sistema de aprendizagem on-line. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

MOURA, Adelina. Mobile learning: tendências tecnológicas emergentes. In: CARVALHO, A. A. A. **Aprender na era digital**: jogos e mobile-learning. Santo Tirso: De Facto, 2012, p. 127-147.

PINA, Antonio Ramón Bartolomé; SOUZA, Francislê Neri; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. Investigación Educativa a Partir de La Información Latente en Internet. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 7, n. 2, p. 301-316, 2013.

QUEIROZ, Altamira Souza; OLIVEIRA, Cícero Marcelo de; REZENDE, Flávio Silva. Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**, v. 1, n. 2, 2015.

SANTOS, Cícero Ernandes de Melo; LEITE, Bruno Silva. Construção de um jogo educativo em uma plataforma de desenvolvimento de jogos e aplicativos de baixo grau de complexidade: o caso do Quizmica - Radioatividade. **RENOTE**, v. 17, n. 1, p. 193-202, 2019.

SHARPLES, Mike. The design of personal mobile technologies for lifelong learning. **Computers & Education**, v. 34, n. 3-4, p. 177-193, 2000.

SINGHAI, Samarth et al. Augmented Chemistry: Interactive Education System. **International Journal of Computer Applications**, v. 49, n. 15, 2012.

SOARES, Máarlon Hebert Flora Barbosa. **Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química**. Goiânia: Kelps, 2013.

SUTHERLAND, Ivan Edward. **Sketchpad**: A Man-Machine Graphical Communication System, PhD Thesis, MIT. Technical Report No. 574, University of Cambridge, UCAM-CL-TR-574. 1963.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva; KIRNER, Claudio. Realidade Virtual. In.: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva. (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, s.p. 2018.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, v. 1, 2006.

Recebido: 05/12/19

Aprovado: 22/04/20

Como citar: LEITE, B. S. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química. **Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 6, e097220, 2020.

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

