

APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA COMO RECURSOS DIDÁTICOS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

AUGMENTED REALITY APPLICATIONS AS DIGITAL DIDACTICS RESOURCES FOR CHEMISTRY TEACHING

APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA COMO RECURSOS DIDÁCTICOS DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Katiuska Genuino de Araújo Melo

katiuskagenuino@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-0044-1189>
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Bruno Silva Leite

brunoleite@ufrpe.br
<http://orcid.org/0000-0002-9402-936X>
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) vêm se destacando na área da educação contribuindo para diferentes práticas pedagógicas, configurando-se como mais uma alternativa para os processos de ensino e aprendizagem. Dentre as diversas TDIC, a Realidade Aumentada (RA) tem se destacado nos últimos anos como um Recurso Didático Digital promissor. A RA é um recurso que pode ser utilizado nas aulas de Química, por se tratar de uma integração de elementos virtuais com o mundo real, tornando-se um recurso promissor para a exemplificação tridimensional de moléculas e átomos, além de uma variedade de possibilidades para o ensino de conteúdos da Química. A presente pesquisa tem como objetivo investigar as percepções de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio sobre os limites e possibilidades do uso de quatro aplicativos de RA abordados a partir de duas estratégias didáticas. Para isso, a pesquisa de natureza qualitativa foi realizada em três etapas: (i) identificação de aplicativos de RA para o ensino de Química; (ii) elaboração de duas estratégias didáticas fundamentadas na aprendizagem tecnológica ativa; (iii) análise das percepções dos estudantes em relação aos aplicativos e às estratégias aplicadas. Os resultados mostram que a RA pode contribuir para um aprendizado mais significativo, diferenciado e dinâmico, quando passa a ser utilizada como um recurso didático digital, por meio de estratégias didáticas. Ademais, observou-se que os quatro apps utilizados na pesquisa, segundo os estudantes, contribuíram para o entendimento dos conteúdos envolvendo Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligação Química.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada; Aplicativos; Ensino de Química; Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação; Ensino Médio.

ABSTRACT

Digital Information and Communication Technologies (DICT) have been standing out in the area of education, contributing to different pedagogical practices, configuring themselves as another alternative for the teaching and learning processes. Among the various DICT, Augmented Reality (AR) has stood out in recent years as a promising Digital Didactic Resource. AR is a resource that can be used in chemistry classes, as it is an integration of virtual elements with the real world, making it a promising resource for the three-dimensional exemplification of molecules and atoms, in addition to a variety of possibilities for teaching Chemistry content. The present research aims to investigate the perceptions of first-year high school students about the limits and possibilities of using four AR apps approached from two teaching strategies. To achieve this, qualitative research was carried out in three stages: (i) identification of AR apps for Chemistry teaching; (ii) development of two teaching strategies based on active technological learning; (iii) analysis of students' perceptions regarding the apps and strategies applied. The results show that AR can contribute to more meaningful, differentiated and dynamic learning, when it is used as a digital didactic resource, through teaching strategies. Furthermore, it was observed that the four apps used in the research, according to the students, contributed to the understanding of the content involving Atomic Models, Periodic Table and Chemical Bonding.

KEYWORDS: Augmented Reality; Applications; Chemistry teaching; Digital Information and Communication Technologies; High school.

RESUMEN

Las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) se han ido destacando en el área de la educación, contribuyendo a diferentes prácticas pedagógicas, configurándose como una alternativa más para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Entre las diversas TDIC, la Realidad Aumentada (RA) ha destacado en los últimos años como un prometedor Recurso Didático Digital. La RA es un recurso que puede ser utilizado en las clases de Química, ya que es una integración de elementos virtuales con el mundo real, lo que la convierte en un recurso prometedor para la ejemplificación tridimensional de moléculas y átomos, además de una variedad de posibilidades para la enseñanza del contenido de química. La presente investigación tiene como objetivo indagar en las percepciones de estudiantes de primer

año de secundaria sobre los límites y posibilidades del uso de cuatro aplicaciones de RA abordadas desde dos estrategias de enseñanza. Para lograr esto, se llevó a cabo una investigación cualitativa en tres etapas: (i) identificación de aplicaciones de RA para la enseñanza de la Química; (ii) desarrollo de dos estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje tecnológico activo; (iii) análisis de las percepciones de los estudiantes sobre las aplicaciones y estrategias aplicadas. Los resultados muestran que la RA puede contribuir a aprendizajes más significativos, diferenciados y dinámicos, cuando se utiliza como recurso didáctico digital, a través de estrategias de enseñanza. Además, se observó que las cuatro aplicaciones utilizadas en la investigación, según los estudiantes, contribuyeron para la comprensión de los contenidos relacionados con Modelos Atómicos, Tabla Periódica y Enlaces Químicos.

PALABRAS CLAVE: Realidad Aumentada; Aplicaciones; Enseñanza de la química; Tecnologías Digitales de la Información y las Comunicación; Escuela secundaria.

INTRODUÇÃO

Trabalhar o conteúdo de química em sala de aula de maneira atrativa e agradável, tem sido um desafio para os professores (Souza; Leite; Leite, 2015). Os estudantes, em muitos casos, apresentam dificuldades para entender e correlacionar os conteúdos abordados na escola com a vivência no seu dia a dia. Apesar dessa constatação, há professores que têm buscado reverem suas práticas a fim de motivarem e engajarem seus alunos na compreensão da Química para o seu dia a dia. Algumas ações realizadas pelos professores, no intuito de modificarem sua práxis, está na incorporação das tecnologias digitais e na busca de metodologias inovadoras. Quando se fala em Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) relacionamos imediatamente à internet e ao seu uso. Segundo Leite (2022), as tecnologias como computadores, *smartphones*, *tablets* ou qualquer outro dispositivo que permita acesso à internet são consideradas como TDIC. Na educação, as TDIC expandem os horizontes no que diz respeito às possibilidades de utilização de recursos no ensino e aprendizagem, além de provocarem mudanças significativas na forma de interagirmos e nos comunicarmos (Leite, 2022).

É importante que professores utilizem as tecnologias digitais de forma que a sua inserção contribua para suas práticas pedagógicas e a sua utilização como uma aliada no processo de ensino e aprendizagem. A importância de se pensar em formas de abordar os conteúdos de química de maneira atrativa e contextualizada tem sido crescente nas pesquisas recentes (Silva, 2019; Benedetti, 2020). Nesse contexto, o uso das TDIC no ensino de química vem sendo motivo de discussão há décadas, porém é necessário compreendê-las não apenas como meros objetos técnicos, mas como recursos didáticos digitais (RDD) que podem promover mudanças (Leite, 2021). Desta maneira, as mudanças começam a acontecer quando enxergamos as tecnologias digitais como RDD a serem explorados positivamente, principalmente no ensino de química que é focado nos conteúdos curriculares e fundamentado no modelo tradicional de ensino. Segundo Leite (2015, p. 239), os RDD são "todos os objetos de aprendizagem, produzidos com o uso das tecnologias digitais, que auxiliam no processo de aprendizado do indivíduo" e seu uso possibilita o aprendizado, facilita a interação e estimula os estudantes a uma aprendizagem significativa.

Outrossim, não são apenas as TDIC que podem contribuir para o ensino de Química, é preciso pensar também em metodologias que promovam os estudantes a participantes de sua aprendizagem. Nesse sentido, as metodologias ativas desempenham o papel de colocar o estudante como o foco do processo de aprendizagem. Elas dão destaque ao papel do estudante participativo e reflexivo em todas as etapas do processo (Leite, 2018; Moran, 2018). Com as metodologias ativas, o professor tem o papel de orientar, supervisionar e facilitar o processo de aprendizagem (Barbosa; Moura, 2013) e com as TDIC podem utilizar ou permitirem o uso de RDD que tornem a aula mais dinâmica e o processo de aprendizagem mais ativo (Leite, 2018).

Um recurso que tem grande popularidade e está cada vez mais ligado à educação são os dispositivos móveis (DM). A aprendizagem que utiliza DM para o processo de ensino e aprendizagem tem como característica fundamental a portabilidade dos dispositivos e a mobilidade dos sujeitos, que podem estar física e geograficamente distantes uns dos outros ou em espaços físicos formais

de educação, como a sala de aula. Os estudantes podem fazer uso de diferentes DM: *smartphone*, *tablet*, *notebook*, *consoles* etc.

A Aprendizagem móvel, *M-learning* ou *mobile learning* (Moura, 2010) tem apresentado vantagens quando utilizadas no contexto educacional, tais como: possibilidade de interação (professor-aluno, aluno-aluno); desenvolver experiências de aprendizagem individual e trabalho coletivo; portabilidade; realizar aprendizagem informal; flexibilidade e autonomia aos estudantes; além da possibilidade de aumentar a autoestima e autoconfiança (Leite, 2014; Silva; Vasconcelos, 2021). De acordo com Moura (2016, p. 76), a "profusão de tecnologias móveis e a sua aceitação pelos estudantes, pode abrir novas perspectivas pedagógicas". Entretanto, a utilização de DM no ensino de Química deve ocorrer em um contexto metodológico, não basta utilizar os DM sem planejamento, é preciso criar estratégias para a sua utilização, assim os DM podem se configurar como recursos para a aprendizagem no ensino de Química.

Por outro lado, não se pode negar que o *smartphone* é a tecnologia móvel mais utilizada pela população, ele substituiu o despertador, agenda, até mesmo o computador, e nas salas de aulas, por muitas vezes tem sido proibido, mesmo ele sendo utilizado pelos estudantes. Embora uma lei recente trate da proibição de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais, inclusive telefones celulares, nas escolas (Brasil, 2024), a lei deixa claro que para uso didático ou pedagógico o celular pode ser utilizado sob a orientação de profissionais da educação. É nesse contexto que o professor pode explorar as potencialidades do dispositivo móvel, direcionando para atividades pedagógicas que promovam a construção de conhecimento.

Do ponto de vista pedagógico, os professores podem utilizar essa realidade para benefício dos estudantes, através de atividades adequadas e necessidades curriculares (Moura, 2016). Segundo Leite, (2022), os *smartphones* são os dispositivos móveis mais utilizados para acessar a internet, superando o computador. Através de pesquisas realizadas por Moura (2016, p. 83) constatou-se que "os alunos preferem utilizar seus próprios *smartphones*", em relação aos *tablets* disponibilizados na escola. Podemos inferir que a utilização dos seus próprios celulares dá ao estudante mais confiança, motivação e autonomia na busca por conhecimento. No ensino de química pesquisas corroboram para o crescente aumento nos aplicativos voltados para a educação, demonstrando as possibilidades desse recurso (Leite, 2020).

A variedade de aplicativos (*apps*) voltados para educação é vasta, é possível encontrar *apps* com conteúdo para diversas áreas do conhecimento. Para a área da Química, podemos encontrar alguns, como: aplicativos para resoluções de exercícios de química orgânica, tabela periódica, quiz de Química, nomenclatura, entre outros. Alguns destes aplicativos utilizam uma tecnologia inovadora e imersiva, a realidade aumentada, que possibilita a interação do virtual com o mundo real.

A Realidade Aumentada (RA) é uma particularização de um conceito mais geral, denominado Realidade Misturada, que consiste na sobreposição de ambientes reais e virtuais, em tempo real, através de um dispositivo tecnológico (Zorzal et al., 2008; Rodello et al., 2010). Os aplicativos de RA podem ser utilizados nas aulas de Química melhorando ou amplificando a visão dos estudantes. Através da RA o entendimento e a percepção de compostos químicos, átomos, moléculas, reações, podem ser mais facilmente compreendidas, o que gera maior motivação e interesse por parte dos estudantes. É crível ao professor ilustrar o que muitas vezes não era possível de ser feito no quadro físico. A tecnologia de RA vem crescendo, estando presente em todos os âmbitos da sociedade (Adams et al. 2013). Na educação, é uma das tecnologias com um potencial de crescimento gigantesco. O relatório de um estudo do *Campus Technology* de 2017, apresentou a Realidade Aumentada/Virtual em primeiro lugar no Top 10 das tecnologias que irão se tornar importantes na educação na próxima década (Leite, 2018).

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo investigar os limites e as possibilidades do uso de aplicativos de realidade aumentada, na perspectiva de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, a partir de estratégias didáticas fundamentadas na aprendizagem tecnológica ativa (Leite, 2018).

METODOLOGIA

A natureza da pesquisa se configura em uma abordagem qualitativa que “tem um caráter exploratório, no sentido de que fazemos um mapeamento do terreno estudado, visando à sua descrição detalhada” (Rosa, 2013, p. 41), do tipo participante, que “implica necessariamente a participação, tanto do pesquisador no contexto, grupo ou cultura que está a estudar, quanto dos sujeitos que estão envolvidos no processo da pesquisa” (Soares; Ferreira, 2006, p. 96).

A pesquisa foi realizada em uma escola pública de referência tendo como atores sociais 93 estudantes do 1º ano do ensino médio e a professora da disciplina de Química. Dos 93 estudantes, 34 destes participaram da primeira estratégia didática e 59 da segunda estratégia didática.

Para alcançar os objetivos propostos, três etapas foram desenvolvidas. A primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento sobre os Recursos Didáticos Digitais (RDD) disponíveis para o Ensino de Química. Esse levantamento foi conduzido com base no *corpus* latente (Pina; Souza; Leão, 2015). À procura de se ter dimensão de quais aplicativos de RA estariam disponíveis na *Google Play®* para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado um levantamento e seleção destes aplicativos. A verificação ocorreu durante os meses outubro de 2022 a janeiro de 2023 e atualizada em março de 2024, a fim de verificar possíveis lançamentos/atualizações. Segundo Leite (2020), a *Google Play®* tem um caráter infinito de dados do *corpus* latente, assim é possível que os aplicativos possam ser lançados, atualizados e/ou desatualizados na plataforma. Ademais, para a pesquisa as palavras chaves utilizadas nos mecanismos de busca da *Google Play®* foram “Química realidade aumentada”, “Realidade Aumentada em Química”, “RA Química” e “Química Aumentada”, os aplicativos selecionados seguiram alguns critérios pré-estabelecidos:

- C1:** tamanho (quantidade de espaço necessária para instalar o *app*);
- C2:** quantidade de downloads (quantidade de vezes que o *app* foi baixado);
- C3:** licença (se o aplicativo é gratuito ou precisa ser comprado);
- C4:** desempenho (diz respeito ao tempo de resposta do *app*, se carrega rapidamente ou leva muito tempo para carregar as informações);
- C5:** clareza nas informações visuais (diz respeito aos comandos para utilização do *app*, se esses comandos são de fácil entendimento);
- C6:** facilidade de navegação (diz respeito à necessidade de toques em botões para utilização do *app*).

Em sequência, a partir dos dados levantados, na segunda etapa da pesquisa foram desenvolvidas propostas de uso da Realidade Aumentada. Nesta etapa, duas propostas de estratégias didáticas foram construídas para a implementação da RA no ensino de Química, considerando o modelo da aprendizagem tecnológica ativa (ATA), na qual descreve como as tecnologias digitais (neste caso, os *apps* de RA) são utilizadas com abordagens ativas, envolvendo o papel docente, o protagonismo do estudante, o suporte da tecnologia, a aprendizagem e a avaliação (Leite, 2018). Nas duas estratégias desenvolvidas foram selecionados conteúdos distintos de Química.

Após a elaboração das estratégias, a terceira etapa buscou validar a implementação das estratégias propostas na Etapa 2. Nesta etapa, os aplicativos de RA foram utilizados em sala de aula, considerando as duas estratégias desenvolvidas na etapa anterior (Etapa 2). As duas estratégias didáticas foram divididas em três encontros. Ao final de cada estratégia foi aplicado um questionário com o objetivo de avaliar a implementação da RA no ensino de Química para o conteúdo de modelos atômicos e tabela periódica e um questionário para os conteúdos sobre Ligação Química (Etapa 3).

Na estratégia 1, o questionário 1 sobre os *apps* modelos atômicos e tabela periódica (Quadro 1) foram aplicados. O questionário 1 consistia em nove questões que buscam investigar as impressões dos participantes quanto às estratégias de uso dos RDD e a utilização da RA na estratégia proposta.

Quadro 1: Questionário aplicado na primeira estratégia

- 1-Você achou interessante a utilização de Aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de Modelos atômicos? () SIM () NÃO. Por quê?
- 2-Você achou interessante a utilização de Aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de Tabela Periódica? () SIM () NÃO. Por quê?
- 3- Na sua opinião os aplicativos contribuíram para melhorar o entendimento dos conteúdos apresentados em sala de aula? () SIM () NÃO. Justifique sua resposta
- 4- Qual(is) dos conteúdos expostos, na sua opinião, tornaram-se mais compreensíveis com a utilização dos aplicativos? Comente sua resposta.
- 5- Os aplicativos apresentaram facilidade no manuseio? () SIM () NÃO. Explique sua resposta.
- 6-Você já tinha utilizado algum aplicativo de realidade aumentada? Se sim, qual?
- 7-Você já tinha utilizado algum aplicativo de realidade aumentada para aprender algum conteúdo escolar? Se sim, qual?
- 8- Qual foi sua impressão ao utilizar um aplicativo de realidade aumentada?
- 9-Existe algum assunto da química que você teve dificuldades em compreender? Você acha que ensinar esse conteúdo com a realidade aumentada ajudaria a você entender o assunto? Explique sua resposta.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na estratégia 2, o questionário 2 investigava as impressões dos participantes em relação aos aplicativos relacionados ao conteúdo de Ligação Química (Quadro 2). O questionário 2 apresentava 9 questões, em que algumas questões se diferenciam das aplicadas na estratégia 1, assim não se tratando de um mesmo questionário.

Quadro 2: Questionário aplicado na segunda estratégia

- 1- Você achou interessante a utilização de Aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de Ligações Químicas? () SIM () NÃO. Por quê?
- 2- Na sua opinião os aplicativos contribuíram para melhorar o entendimento do conteúdo apresentado em sala de aula? () SIM () NÃO. Justifique sua resposta
- 3- Os aplicativos apresentaram facilidade no manuseio? () SIM () NÃO. Explique sua resposta
- 4- O que você achou de utilizar o seu celular como recurso didático dentro da sala de aula?
- 5- Você já tinha utilizado algum aplicativo de realidade aumentada? Se sim, qual?
- 6- Qual dos aplicativos foi mais fácil de utilizar?
- 7- Qual foi sua impressão ao utilizar um aplicativo de realidade aumentada?
- 8- Existe algum assunto da química que você teve dificuldades em compreender? Você acha que ensinar esse conteúdo com a realidade aumentada ajudaria a você entender o assunto? Explique sua resposta.
- 9- Na sua opinião, o uso do celular para a aprendizagem é importante/interessante? () SIM () NÃO. Justifique sua resposta

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na análise dos questionários para se referir aos participantes da pesquisa, para a professora será utilizado o codinome P e para os estudantes, será utilizada a sigla E1, para representar o estudante 1, E2, para o estudante 2 e assim por diante, porém em cada estratégia participaram estudantes de turmas distintas, portanto o estudante 1, E1, da primeira estratégia, não necessariamente é o mesmo estudante 1 da segunda estratégia. Como também as atividades em

grupos, foi designada a sigla G1, para representar o grupo 1, G2 para o grupo 2 e assim por diante, porém em cada atividade realizada nas duas estratégias, as pessoas participantes dos grupos poderiam migrar para outros grupos, não sendo os grupos fixos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados obtidos durante as etapas metodológicas, na presente seção. Eles serão apresentados em seções secundárias obedecendo a sequência de execução realizada durante a pesquisa.

Levantamento dos RDD

No intuito de se ter dimensão de quais aplicativos de RA estariam disponíveis na *Google Play®* para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado um levantamento e seleção destes aplicativos. A partir da utilização das palavras chaves no mecanismo de busca, dez (10) aplicativos foram encontrados e avaliados segundo os critérios propostos (Quadro 3).

Quadro 3: Aplicativos de Realidade Aumentada na *Google Play®* encontrados no levantamento

Nome do Aplicativo	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Química Aumentada	17,91 MB	+10	Gratuito	Tempo de resposta do app é lento. Para o que propõe seu desempenho é bom.	Apresenta clareza nas informações visuais. As informações do app são bem explicativas. O idioma utilizado é o português.	Apresenta facilidade de navegação, simples compreensão dos comandos. Pode usar ou não marcadores. Se preferir usar marcadores, é necessário apenas um.
Rapp Chemistry: Ar	89,9 MB	+50 mil	Gratuito	Tempo de resposta rápido. Desempenho bom.	Apresenta clareza nas informações visuais. O idioma utilizado é o Espanhol, apesar disso, o app é de fácil compreensão.	Apresenta facilidade de navegação, app simples e prático. Necessário apenas um comando para utilizar a função de RA. Precisa de vários marcadores impressos.
ARC	95,1 MB	+1.000	Gratuito	Tempo de resposta rápido. Desempenho bom para o que o app propõe.	Apresenta clareza nas informações visuais. O idioma utilizado é o Inglês, porém não é necessário saber o idioma para utilizar o app.	Apresenta facilidade de navegação, app prático para utilização. Dispõe apenas de 3 marcadores impressos, que são 3 elementos da tabela periódica que reagem entre si.
Edarch	111 MB		Gratuito	Tempo de resposta rápido. Desempenho bom para o que o app propõe.	Apresenta clareza nas informações visuais. As informações são bem explicativas. O idioma utilizado é o português.	Apresenta facilidade de navegação, app prático e simples para utilização. Necessita de vários marcadores impressos, para a utilização do app e observação de reações de substituição em RA.
ModelAR	146 MB	+ 10 mil	Gratuito	Bom desempenho	Apresenta clareza mediana nas informações visuais, se tornando um pouco mais	Apresenta um pouco de dificuldade na navegação. Não necessita de marcadores.

					complexas. O idioma utilizado é o inglês, o que dificulta um pouco o entendimento.	
AR VR Molecules Editor Free	65,9 MB	+ 10 mil	Gratuito (alguns recursos pago)	Bom desempenho	O app apresenta muitas funções e informações visuais, o que dificulta um pouco o entendimento. O idioma utilizado é o inglês, e para quem não tem conhecimento da língua inglesa fica inviável a utilização do app sem tradução.	A navegação dentro do app é complexa. Não necessita de marcadores.
QuímicaAR (Augmented Class)	37,2 MB		Gratuito	Bom desempenho	Apresenta clareza e não precisa de muitos comandos para ser utilizado.	Facilidade de navegação, pois apresenta apenas uma tela em que podemos ver os átomos e moléculas. Necessita de marcadores.
Atom Visualizer	79,7 MB	+ 100 mil	Gratuito	Ótimo desempenho	Apresenta clareza nas informações visuais, fácil entendimento. O tutorial disponível é apresentado visualmente e em português, indicando onde se deve clicar.	Fácil navegação, não necessita de marcadores. Apresenta o mais atual modelo atômico. Não precisa de marcadores.
CHEM AR4	173 MB	+ 10	Gratuito	Bom desempenho	O idioma utilizado é o inglês, porém as informações para manuseá-lo é de fácil entendimento.	Fácil navegação, necessita de poucos comandos. Precisa de marcadores.
Chemistry AR	82,7 MB		Gratuito	Bom desempenho	Apresenta clareza nas informações visuais.	Fácil navegação e poucos comandos, precisa de marcadores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos aplicativos identificados na *Google Play®* (Quadro 3), resultantes da pesquisa do *corpus* latente e dos critérios de seleção, optamos por aqueles que fossem totalmente gratuitos e que não necessitassem de marcadores (ou utilizassem poucos marcadores), de modo que fosse possível serem aplicados em sala de aula. Para esta seleção, utilizamos o Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais proposto por Oliveira e Leite (2024), que considera três dimensões para a escolha de um aplicativo educacional: a usabilidade, a experiência do usuário e os princípios de aprendizagem.

Destarte, dos dez aplicativos identificados descritos no Quadro 3, quatro foram selecionados (Química Aumentada, *Atom Visualizer*, *Chemistry AR* e *QuímicaAR*), uma vez que contemplavam os critérios descritos e que poderiam ser utilizados no ensino de Química. Os quatro aplicativos escolhidos apresentavam usabilidade (clareza das informações visuais, facilidade na navegação e ausência de erros técnicos), experiência do usuário (conteúdos relevantes, interativo e com níveis de desenvolvimento) e princípios de aprendizagem (cumprem com o proposto pelos desenvolvedores, estimulam a resolução de problemas e apresentam algum domínio cognitivo da

Taxonomia de Bloom). Além disso, três aplicativos utilizavam alguns marcadores, apenas o *Atom Visualizer*, que não necessitava de marcador. Na análise dos aplicativos selecionados observamos que estes contemplavam os conteúdos de Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligação Química. Assim, as duas estratégias didáticas propostas foram baseadas nos conteúdos presentes nos aplicativos.

Aplicação das estratégias

Baseando-nos nos aplicativos escolhidos, foram desenvolvidas duas estratégias didáticas para implementação de RDD de RA no ensino de química. As estratégias apresentadas foram fundamentadas na ATA, e tem como base os 5 pilares que a constituem. Visando o aprendizado mais significativo as estratégias propostas seguiram um roteiro pré-definido em três encontros.

A primeira estratégia didática proposta teve como foco abordar o conteúdo sobre modelos atômicos, tabela periódica utilizando dois aplicativos de RA: o Química Aumentada e *Atom Visualizer* (Figura 1). A aplicação da estratégia foi realizada em três momentos pedagógicos com duração de 50 minutos cada e participaram 34 estudantes do 1º ano do ensino médio.

No primeiro encontro da estratégia 1, a sala foi disposta em um semicírculo para que ocorresse uma maior troca e interação entre aluno/aluno e aluno/professor. Houve uma explicação sobre a utilização de RDD em Química e sobre a realidade aumentada, posteriormente foi solicitado aos alunos que realizassem o download dos aplicativos (Química Aumentada e *Atom Visualizer*) e que se dividissem em quatro grupos. Optou-se por apresentar, inicialmente, slides para introduzir os conceitos que seriam abordados.



Figura 1: Aplicativos utilizados na primeira estratégia
Fonte: Imagem do aplicativo.

O aplicativo "Química Aumentada" foi usado neste encontro para que os estudantes observassem os modelos atômicos e a história dos átomos propostos pelos cientistas Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Cada grupo ficou responsável por analisar um modelo proposto por cada cientista e em grupo responderam às três perguntas que foram debatidas com toda a sala posteriormente (Quadro 4).

As respostas foram debatidas entre os participantes dos grupos e posteriormente entregues em uma folha para a professora. Os quatro grupos apresentaram suas respostas com o auxílio do aplicativo "Química Aumentada". O G1, que ficou com o modelo proposto por Dalton, respondeu para a primeira questão que a definição de átomo proposto pelo cientista seria: "Indivisível e maciço" (G1). Na segunda questão, explicaram que observaram no aplicativo que o modelo representado por Dalton é representado "como uma bola de bilhar" (G1). Já na terceira questão o grupo comentou sobre o modelo proposto por cada um dos cientistas e concluíram que segundo Dalton o átomo era uma coisa só, diferente do que os outros cientistas propuseram.

Segundo Melzer e Aires (2015), esta percepção dos estudantes é comumente observada quando se faz um recorte da teoria atômica.

Quadro 4: Questões propostas para resolução dos grupos

Modelo analisado	Questões
G1 - Modelo proposto por Dalton	1 - Qual a definição de átomo para este cientista? 2- Visualizando no aplicativo, explique como é representado o modelo proposto por ele. 3- Observando os modelos propostos pelos outros cientistas, comente qual a diferença que você observa em relação ao modelo proposto por Dalton.
G2 - Modelo proposto por Thomson	1 - Qual a definição de átomo para este cientista? 2- Visualizando no aplicativo, explique como é representado o modelo proposto por ele. 3- Observando os modelos propostos pelos outros cientistas, comente qual a diferença que você observa em relação ao modelo proposto por Thomson.
G3 - Modelo proposto por Rutherford	1 - Qual a definição de átomo para este cientista? 2- Visualizando no aplicativo, explique como é representado o modelo proposto por ele. 3- Observando os modelos propostos pelos outros cientistas, comente qual a diferença que você observa em relação ao modelo proposto por Rutherford.
G4 - Modelo proposto por Bohr	1 - Qual a definição de átomo para este cientista? 2- Visualizando no aplicativo, explique como é representado o modelo proposto por ele. 3- Observando os modelos propostos pelos outros cientistas, comente qual a diferença que você observa em relação ao modelo proposto por Bohr.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação ao segundo grupo (que ficou com o modelo proposto por Thomson), a resposta apresentada para a primeira questão foi que “o cientista acreditava que o átomo era constituído por uma parte negativa (elétron) incrustada na parte positiva” (G2). O modelo apresentado por Thomson em 1904 era constituído de “anéis coplanares de corpúsculos dentro de uma esfera de carga positiva e uniforme” (Melzer; Aires, 2015, p. 70), nesse sentido, possivelmente os estudantes apresentaram uma resposta para o átomo de Thomson com uma linguagem menos acadêmica, porém buscando se aproximar da teoria de Thomson. No que diz respeito à segunda pergunta, o grupo explicou que “é representado pelo modelo pudim de passas, onde o pudim é a parte positiva e as passas a parte negativa” (G2). Quanto à terceira questão, o grupo foi sucinto na descrição sobre os outros cientistas, apresentando características que são observadas nas discussões sobre o átomo.

As respostas apresentadas pelo G3 destacavam as percepções sobre o modelo analisado. Na primeira indagação, o grupo respondeu que “é formado por um núcleo com partículas positivas e partículas neutras” (G3). Na segunda questão, o grupo fez um desenho para representar o modelo proposto por Rutherford. A utilização da representação simbólica (Johnstone, 2000), pode ter sido uma forma do grupo expressar o conhecimento químico sobre o fenômeno, uma vez que o nível simbólico para representação do conhecimento químico envolve fórmulas, equações e estruturas (Pauletti; Rosa; Catelli, 2014). Além disso, no terceiro questionamento, o grupo realizou uma comparação entre o modelo de Thomson e o de Rutherford, esclarecendo que para o primeiro cientista “os elétrons estão fixos sobre o núcleo positivo” (G3), já para o segundo “os elétrons giram em órbitas circular ao redor do núcleo” (G4).

Por fim, o quarto grupo, que discutiu sobre o modelo proposto por Bohr, relatou que “para Bohr o átomo era um núcleo menor, denso, e com elétrons que o rodeavam em lugares específicos” (G4). A resposta do grupo corrobora com o trabalho de Bohr ao descrever que “os átomos possuem um núcleo denso e positivo que representa a maior parte do peso do átomo e que à sua volta há elétrons que descrevem órbitas circulares de acordo com o cálculo da constante de Planck” (Melzer; Aires, 2015, p. 75). Na segunda questão, explicaram que visualizaram no aplicativo “uma esfera, com vários elétrons girando ao redor” (G4). E na terceira questão responderam que “Bohr foi o único

cientista da época que encontrou o que faltava no modelo atômico dos outros cientistas" (G4). Ao mencionarem que Bohr foi o único cientista que encontrou o que faltava aponta para uma visão deformada da ciência (Pérez et al., 2001), em que leva a acreditar que um único cientista resolveu todos os problemas e/ou achou todas as soluções para um determinado fenômeno.

Em seguida, os estudantes formaram duplas e receberam uma atividade contendo um elemento químico da tabela periódica para a realização de uma pesquisa utilizando o aplicativo "*Atom Visualizer*". Na atividade era proposto que os estudantes pesquisassem: o nome do elemento químico, quais suas propriedades, onde encontrar o elemento químico na natureza, uma aplicação desse elemento químico e o seu número atômico.

As duplas apresentaram a pesquisa realizada sobre os elementos da tabela periódica e posteriormente tiveram um momento para observarem outros elementos químicos no *app Atom Visualizer* e interagirem entre si sobre as informações que observaram. Os participantes tiveram a oportunidade de observar outros elementos da tabela periódica além do que já estava pré-estabelecido na pesquisa, esse momento oportunizou aprofundar o conhecimento sobre os elementos químicos. A experiência de ver e "tocar" nos elementos, visualizar os orbitais e os elétrons através da realidade aumentada, amplificando a percepção dos estudantes, tornou o ambiente motivador, onde os estudantes interagiram uns com os outros, apresentando o que observavam no aplicativo *Atom Visualizer*.

No segundo encontro da estratégia 1, os estudantes assistiram o vídeo "Entenda a TABELA PERIÓDICA" disponível no site Toda Matéria¹ com duração de 09 minutos e 24 segundos. Após a exibição do vídeo, no formato de roda de conversas, a professora realizou algumas perguntas motivadoras, tais como: Vocês já tinham conhecimento sobre a história da tabela periódica? Já conheciam algum elemento? Qual parte do vídeo foi a que mais lhe chamou atenção? Os estudantes neste momento manifestaram suas ideias, sendo destacadas algumas respostas: "Não sabia que a tabela periódica tinha tantas informações" (E25), "a tabela não surgiu do nada, ela tem uma lógica" (E29) e "legal ver a história da tabela periódica" (E33). Os estudantes demonstraram pouco conhecimento sobre os elementos, os mais conhecidos e mencionados no dia a dia, como por exemplo hidrogênio, oxigênio, carbono, cloro, os estudantes revelaram saber quais eram, mas a maioria dos elementos da tabela periódica, os estudantes não faziam ideia do que era e para que servia. Um dos estudantes comentou: "São muitos elementos, nem sabia o nome deles" (E10).

Após a roda de conversa, os estudantes visualizaram alguns conceitos expostos no vídeo com o auxílio do aplicativo Química Aumentada. O intuito era que os estudantes pudessem se apropriar sobre a organização dos Elementos Químicos na tabela periódica, sua importância, propriedades, estrutura, orbitais e configuração eletrônica. Posteriormente, houve um momento para que os estudantes pudessem tirar dúvidas do conteúdo ou das atividades das aulas anteriores com a professora. Em sequência, ocorreu a realização de uma aula expositiva dialogada sobre distribuição eletrônica, utilizando o quadro e as informações contidas sobre os elementos da tabela periódica no aplicativo.

Os estudantes tiveram papel fundamental durante a aula, pois eles tiveram a responsabilidade de direcionar o professor com os conhecimentos adquiridos anteriormente na atividade anterior, em que o professor atuou como mediador (conforme os preceitos da aprendizagem tecnológica ativa).

No terceiro encontro, foi realizada a culminância da proposta da estratégia 1, que consistiu em um experimento realizado no laboratório para que os estudantes pudessem observar e experienciar na prática o que estudaram durante a atividade. O experimento visou mostrar como a

¹ <https://youtu.be/Vsnq2hJ2UZc?si=rpXOU06xralGqhzV>

excitação eletrônica resulta na emissão de luz, com diferentes cores para cada tipo de elemento, dependendo da existência de níveis e subníveis de energia. Os estudantes no experimento observaram a coloração emitida em cada combustão realizada. Alguns questionamentos durante o experimento foram levantados, por exemplo, "Por que há diferentes cores nas chamas do experimento?", buscando incentivar os estudantes a ressaltar as diferentes composições de cada substância utilizada no experimento, de modo a refletirem sobre o que realizaram e "Como se dá essa liberação de luz?" que tinha o intuito dos estudantes explicarem como o fenômeno ocorria à luz do conhecimento químico.

A avaliação da estratégia 1 ocorreu durante todo o processo e ao final os estudantes responderam ao questionário 1 (Quadro 1) que buscava identificar as percepções deles sobre a atividade e utilização dos aplicativos de RA.

A segunda estratégia teve como objetivo abordar os conceitos de ligações químicas, utilizando dois aplicativos de realidade aumentada, o QuimicAR (*Augmented Class*) e o *Chemistry AR* (Figura 2). A estratégia didática foi dividida em 3 momentos pedagógicos com duração de 50min cada e participou 59 estudantes do 1º ano do ensino médio. No primeiro encontro da estratégia 2, os aplicativos *Chemistry AR* e QuimicAR foram apresentados aos estudantes e solicitado que estes baixassem em seus dispositivos móveis. Em seguida, realizou-se um levantamento das concepções prévias dos estudantes no intuito de identificar se eles possuíam conhecimento sobre conteúdos basilares e necessários para que o novo conteúdo (sobre Ligações Químicas) fosse discutido. Para isso, algumas perguntas foram realizadas, por exemplo: O que é um átomo? Como surgem as moléculas? Todas as moléculas são formadas da mesma maneira? Todas as moléculas se apresentam da mesma maneira? Como os átomos ficam "juntos"?

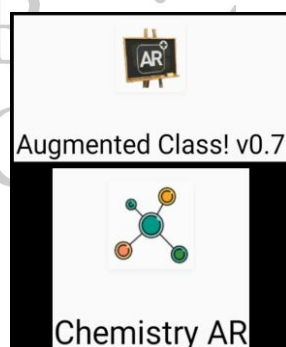


Figura 2: Aplicativos utilizados na segunda estratégia
Fonte: Imagem do aplicativo

A partir das respostas, foi solicitado que os estudantes abrissem os aplicativos *Chemistry Ar* e QuimicAr, de modo que pudessem conhecer, visualizar e explorar as moléculas disponíveis nos aplicativos. Após isso, foi apresentado o conteúdo de ligações químicas, utilizando recursos didáticos (slides e algumas imagens dos aplicativos). Por fim, foi pedido para a próxima aula que os estudantes usassem os *apps* em casa e o examinassem, para discutir o que acontece nele e o que eles puderam observar no aplicativo.

No segundo encontro da estratégia 2, em sala de aula, os estudantes expuseram o que perceberam usando os aplicativos (conforme orientações da aula anterior), quais os átomos que são apresentados e as ligações que aconteceram entre eles. Posteriormente, foi realizado um experimento sobre condutividade elétrica dos compostos iônicos, covalentes e metálicos. Essa prática teve como objetivo fazer com que o estudante tivesse maior compreensão das circunstâncias necessárias para que uma solução ou objeto conduza corrente elétrica e ter a capacidade de reconhecê-los. Neste experimento foi utilizado um condutivímetro (mede a condutividade elétrica) e

materiais que no dia a dia dos alunos pudessem encontrar facilmente, por exemplo: sal, açúcar, uma colher de metal, limão, como também as misturas de água e sal, água e açúcar, água e limão. O experimento foi realizado no laboratório de química da escola. Os estudantes foram divididos em 14 grupos, nove com três estudantes cada e cinco com quatro estudantes para realizarem uma atividade utilizando os dois aplicativos. A atividade apresentava três questões para serem respondidas: 1) Quais as moléculas e os tipos de ligação que você encontrou nos *apps*?; 2) Baseando-se no conhecimento adquirido até agora, explique por que uns materiais conduzem corrente elétrica e outras não; 3) Como as diferenças de intensidade de brilho da lâmpada podem ser explicadas? Essas perguntas foram debatidas entre os grupos, onde cada um deles tiveram um momento para expor suas impressões sobre o conteúdo abordado, em seguida as respostas foram debatidas com o professor da disciplina.

Em relação às respostas apresentadas pelos grupos, observamos que as explicações dos grupos G1, G2, G5, G7, G10, G11 e G14 foram consideradas satisfatórias (isto é, estavam coerentes com a respectiva teoria) para a primeira pergunta (Quais as moléculas e os tipos de ligações que você encontrou nos *apps*?). Algumas respostas foram: "H₂O - Covalente e NaCl - iônica" (G1) e "NaCl ligação iônica" (G7). Os demais grupos (G3, G4, G6, G8, G9, G12 e G13) não colocaram todas as moléculas e/ou não identificaram o tipo de ligação, mas as respostas apresentadas foram consideradas parcialmente satisfatórias, uma vez que envolviam a resposta parcial das moléculas/tipo de ligação disponíveis no aplicativo. Para a segunda questão (explique por que uns materiais conduzem corrente elétrica e outras não) obtivemos respostas distintas dos grupos, como podemos observar a seguir: "Por causa das ligações que a substância realiza" (G5), "Os materiais que conduzem energia fazem a liberação de elétrons e isso ocorre nas ligações iônicas e metálicas" (G2) e "o tipo de ligação influencia na condução de energia" (G7). Além disso, algumas respostas foram dadas pela observação do experimento: "Água com sal conduz corrente elétrica, já a água com açúcar não conduz" (G4) e "o sal tem uma ligação iônica, por isso conduz corrente elétrica" (G11). Quanto à terceira indagação, os estudantes apresentaram as seguintes explicações: "A intensidade da luz muda de acordo com a quantidade de íons" (G1), "Por causa da liberação de íons" (G5) e "Por conta dos íons, quanto mais íons têm, maior a intensidade da lâmpada" (G14).

No terceiro encontro da estratégia 2, aconteceu a culminância da estratégia didática através da apresentação de um vídeo intitulado "Ligações químicas: tipos e características" do canal toda matéria². O vídeo apresentou alguns conceitos vistos durante a estratégia didática proposta na estratégia 2. Os estudantes novamente utilizaram os aplicativos, agora para descrever o que acontece através das ligações e reações mostradas pelos *apps*, apresentando uns aos outros. Seguindo o quinto pilar da ATA (Leite, 2022), a avaliação ocorreu durante todo o processo considerando os momentos de resolução das atividades, o engajamento e a participação dos estudantes nos três encontros da estratégia 2. Por fim, os estudantes responderam ao questionário (Quadro 2), apresentando suas impressões sobre os aplicativos de RA utilizados.

Impressões dos estudantes sobre os *apps* de RA

Com base nas respostas obtidas nos questionários, nesta seção serão apresentadas as principais impressões dos estudantes. No questionário 1, aplicado aos 34 estudantes que participaram da estratégia 1, foi solicitado que eles expusessem suas impressões sobre a utilização de aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de Modelos atômicos (Pergunta 1). Em suas respostas todos os participantes responderam que acharam interessante a utilização do *app* para o ensino de Modelos Atômicos. As justificativas dos estudantes foram semelhantes, indicando que eles consideraram o aplicativo "interessante", "legal" e "divertido" (respostas mais repetidas) e que chamou a atenção a maneira diferente que a aula aconteceu com o uso do aplicativo. Algumas

² <https://youtu.be/FDnxdw0P1g?si=-jPHs8SgmGpa1zy1>

respostas foram: "Foi interessante, é mais legal e dá pra entender melhor os modelos além de ser uma experiência diferente e divertida" (E32) e "Porque é um jeito novo e diferente de se aprender o assunto" (E11).

No que diz respeito à segunda pergunta (Você achou interessante a utilização de aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de Tabela Periódica?), os estudantes apontaram que o *app* sobre tabela periódica permitiu "ver o assunto de maneira diferente" (E4) e que "...é mais divertido e chama atenção" (E8). Alguns participantes demonstraram que a utilização do *app* de RA os ajudou na percepção dos átomos, caso que não acontecia com a utilização dos livros, como explicitado por E15 "Está tudo organizado no aplicativo e podemos ver eles [os átomos] se movendo, diferente dos livros que tá lá parado" e "Foi interessante ver como são os átomos de cada elemento" (E8). É importante entender que essa percepção relatada pelos estudantes pode auxiliar na construção do conhecimento sobre a temática, uma vez que o conteúdo exige dos estudantes uma abstração que por vezes não é simples de ser observada no livro.

As respostas dos estudantes sobre o uso dos *apps* de RA na atividade (tanto na Pergunta 1 como na pergunta 2) apontam para a contribuição do recurso no processo de ensino e aprendizagem, segundo Reis (2019, p. 17), "o atrativo da utilização dessa tecnologia está no fato de atingir públicos específicos e compartilhar informações de maneiras diferenciadas". É notável através dos resultados que a utilização dos aplicativos possibilitou a realização de uma aula diferenciada das aulas chamadas de tradicionais (expositiva e não dialogada) e que estimulou a curiosidade dos estudantes, além de que o uso dos próprios *smartphones* possibilitaram aos estudantes mais autonomia, pois "está se empregando um dispositivo onde o mesmo está inserido no cotidiano do aluno" (Reis, 2019, p. 19).

Quanto à terceira pergunta (Na sua opinião, os aplicativos contribuíram para melhorar o entendimento dos conteúdos apresentados em sala de aula?), todos os 34 participantes responderam positivamente. As respostas apontam para uma postura favorável sobre a inserção de aplicativos de RA para o ensino de conteúdos químicos, como podemos observar nas seguintes respostas: "Ajuda na visualização dos modelos, permitindo ver mais precisamente as diferenças entre eles" (E10) e "Porque observando os modelos, eu pude ver claramente como são, em vez de imaginá-los" (E8). Alguns participantes ainda relataram que a aula se tornou mais divertida e o conteúdo abordado em sala de aula, aprendido mais facilmente: "Fica melhor, esse negócio da realidade aumentada é mais divertido e dá para entender mais rápido" (E32). É preciso termos cuidado com estas ideias salvacionistas das tecnologias na educação, uma vez que as tecnologias por si só não mudaram o processo de ensino e aprendizagem (Leite, 2022). Segundo Leite (2022), o determinismo tecnológico se caracteriza pela ideia de que qualquer atividade será melhor realizada quando utilizamos algum tipo de tecnologia, neste caso, o aplicativo de RA. Os RDD podem atuar como recursos para estimular os estudantes e motivá-los, além de possibilitar a construção de conhecimento. A utilização de um recurso, como os aplicativos, que desperte a curiosidade e que os estudantes já estejam familiarizados, permite a apropriação dos conteúdos ensinados, produzindo aprendizado, de maneira mais atrativa. Destarte, a partir das respostas dos participantes, conjecturamos que o conteúdo foi entendido (pelo menos uma parte) ao utilizarem os *apps* de RA.

Em relação à quarta questão, os estudantes foram questionados sobre qual(is) dos conteúdos (Modelos Atômicos e Tabela Periódica) expostos em sala de aula tornaram-se mais compreensíveis com a utilização dos aplicativos de RA. Dos 34 participantes, 18 (52,9%) responderam que o conteúdo de Modelos Atômicos se tornou mais compreensível, 12 (35,3%) o conteúdo Tabela Periódica e 4 (11,8%) responderam os dois. A maioria não comentou a escolha, porém dos que optaram por Modelos atômicos e justificaram a escolha afirmaram que: "Foi uma experiência super divertida, pude pegar [sic] na mão e ver cada detalhe" (E32) e "pudemos ver exatamente como são [os átomos]" (E11). Dos estudantes que escolheram Tabela Periódica, algumas justificativas foram:

"[...] o mais interessante foi da Tabela Periódica. Pois explica detalhadamente sobre o conteúdo" (E7), "tabela periódica, pois é um assunto complexo e deu pra entender melhor" (E33) e "o de tabela periódica porque no aplicativo parece bem mais fácil aprender sobre ela" (E21). Os estudantes que escolheram os dois conteúdos, não comentaram a sua escolha.

No ensino de química o estudante, normalmente tem dificuldades na visualização em 3D, tendo que recorrer a representações em sua imaginação para conseguir entender aspectos do conteúdo (Dias; Duarte; Silva; Silva, 2021). Para Reis (2019), "o bom entendimento das unidades estruturais (átomos, moléculas e íons) bem como os mesmos participam dos fenômenos químicos auxiliam o aluno a compreender a Química de maneira mais concreta e menos abstrata". Desse modo, a compreensão menos imaginária através da realidade aumentada pode favorecer a construção do conhecimento químico, dando suporte aos estudantes para que eles compreendam os conteúdos que posteriormente serão abordados na Química. Observamos que a escolha do conteúdo de Modelos Atômicos foi maior por parte dos estudantes e que possivelmente isso ocorreu devido a capacidade de visualização dos modelos no aplicativo, o que antes eles só enxergavam estaticamente, com o auxílio do aplicativo "Química Aumentada" eles conseguiram ver em movimento, gerando provavelmente um melhor entendimento deste assunto.

A quinta pergunta explorou a opinião dos estudantes sobre a facilidade de uso dos aplicativos em sala de aula (Os aplicativos apresentaram facilidade no manuseio?). Para 20 (58,8%) estudantes a resposta foi sim. Já 12 (35,3%) responderam que não e apenas dois (5,8%) deixaram a resposta em branco, porém estes últimos deram uma explicação para sua recusa em responder. Os dois estudantes justificaram que "mais ou menos, pelo que vi dos meus colegas de sala o aplicativo teve alguns problemas para acessar" (E24) e "Mais ou menos, teve um pouco de dificuldade na leitura do QRcode, fora isso adorei e é bem fácil" (E32). Na intervenção o aplicativo Química Aumentada não operou bem em todos os celulares, o que dificultou o acesso individual dos estudantes ao aplicativo. Já o aplicativo *Atom Visualizer* funcionou perfeitamente em todos os celulares, o que facilitou o manuseio dos estudantes.

Em relação aos estudantes que responderam sim à pergunta 5 (58,8%), alguns argumentaram que mesmo não utilizando o *app* Química Aumentada em seu próprio celular, perceberam que os comandos para o utilizar são fáceis. Alguns comentários foram: "Não achei difícil, achei muito fácil de usar" (E9) e "Eu não consegui baixar, mas vi que é muito fácil usá-lo" (E26). Já os estudantes que responderam não (35,3%), é possível conjecturar que as respostas estão relacionadas ao fato das dificuldades em baixarem o aplicativo Química Aumentada, o que dificultou seu uso de forma adequada, uma vez que não tiveram a oportunidade de manuseá-lo individual e autonomamente. Essa dificuldade fez com que esse momento fosse estendido além do planejado, para que todos os estudantes pudessem ter a oportunidade de observar nos *smartphones* disponíveis os recursos do aplicativo. Alguns estudantes responderam explicando a sua negativa, segundo E30 foi porque "não apresentou nenhuma falha o *Atom Visualizer*, mas o outro sim" e para E12 foi "porque não pega na maioria dos celulares". Já outros estudantes indicaram que ambos aplicativos eram de difícil manuseio, conforme a fala de E14 "No começo foi bem difícil" e "Eles apresentaram muitos detalhes e muita gente não conseguiu baixar ou abrir. Já o da Tabela foi melhor para acessar" (E4).

Na sexta pergunta (Você já tinha utilizado algum aplicativo de realidade aumentada? Se sim, qual?), dos 34 que participaram da pesquisa, apenas 3 (8,8%) deles já tiveram contato com a realidade aumentada, dois utilizaram em um shopping da cidade, mas não tinham certeza se era um aplicativo de RA, e o terceiro utilizou a câmera da *Google* para ver estrelas e planetas em realidade aumentada. É interessante destacar que, embora existam aplicativos de RA gratuitos disponíveis e acessíveis, nem sempre os estudantes fazem uso destes RDD. Segundo Lopes e Leite (2023), é mais comum os estudantes utilizarem as redes sociais no seu dia a dia ao invés do uso

para pesquisa escolar/acadêmica. Nesse sentido, a sétima questão tinha o intuito de saber se os estudantes já tinham utilizado algum aplicativo de RA para aprender algum conteúdo escolar. Todos os 34 participantes responderam não, nenhum deles informou que utilizou algum *app* de RA para estudar conteúdos escolares.

A sexta e a sétima pergunta nos apontam que apesar do grande potencial e um aumento da aplicação da realidade aumentada na área educacional (Alzahrani, 2020), contudo a RA ainda não é tão presente nas salas de aula. Talvez esse seja um dos motivos de tornar a RA atrativa quando é introduzida nas aulas de Química, pois o “novo” atrai a atenção e desperta a curiosidade dos estudantes apresentando “potencial para que o aluno possa adentrar no mundo submicroscópico da Química” (Reis, 2019, p. 1), uma vez que a percepção do estudante é ampliada e a abstração na disciplina de Química pode ser minimizada quando permite ao estudante inserir objetos virtuais representativos de átomos, moléculas, íons, bem como animações envolvendo transformações químicas sobre objetos reais (Ewais; Troyer, 2019; Leite, 2020). A utilização da RA nos próprios *smartphones* dos estudantes, o torna mais autônomo na busca do seu próprio conhecimento, sem precisar de entendimento vasto sobre tecnologia. Segundo Leite (2020), a utilização da RA permite a interação e motivação dos estudantes, como também facilita o processo de visualização das ligações.

Com o advento dos dispositivos móveis, o uso dos *app* de RA se tornou uma alternativa viável para o ensino de Química, porém o emprego deste recurso deve ser em junção com estratégias didáticas que permitam maior engajamento dos estudantes. Além disso, os aplicativos são limitados e seu uso não deve ser isolado, mas explorado com estratégias que possibilitem um aprendizado significativo.

Em relação ao questionamento “Qual foi sua impressão ao utilizar um aplicativo de realidade aumentada?” (Pergunta 8), todos os estudantes demonstraram impressões positivas em relação ao uso dos *apps* de RA. Algumas respostas foram: achei legal (11,8%), foi curioso a utilização de RA (11,8%), vai ajudar nos estudos (14,7%), interessante (23,5%), diferente/inovador (8,8%). Além de respostas que diziam que foi divertido (8,8%) e ótimo (29,4%). As impressões ao todo foram positivas e do ponto de vista educacional essa constatação é importante para que os educadores percebam o potencial que essa tecnologia tem ao ser utilizada como um recurso didático digital. A utilização da RA no ensino pode contribuir na construção do conhecimento através da utilização de métodos demonstrativos e simulações interativas, permitindo visualização e contato com um material antes demonstrado apenas em figuras planas (Queiroz; Oliveira; Rezende, 2015). Dessa forma, as dificuldades apresentadas pelos alunos em compreender, interpretar e traduzir representações moleculares abstratas e complexas, inerentes a tópicos como “Estruturas Moleculares”, “Ligações Químicas” e “Geometria Molecular” podem ser minimizadas com a aplicação da RA em seus respectivos processos de ensino. Essa tecnologia oferece benefícios diferentes em relação ao material de aprendizagem clássico (Ewais; Troyer, 2019).

Por fim, a última pergunta do questionário 1 (Existe algum assunto da química que você teve dificuldade em compreender? Você acha que ensinar esse conteúdo com a realidade aumentada ajudaria a você entender o assunto?). Dos 34 participantes, 11 (32,3%) responderam que não para a primeira indagação, mesmo com a negativa, alguns justificaram que apesar de não terem dificuldades nos assuntos de Química, utilizar um aplicativo de RA poderia ajudar nos conteúdos futuros, pois é prático e facilita na aprendizagem. Dos 23 (67,6%) participantes que responderam sim, destacamos duas respostas – onde pode-se observar a contribuição positiva na utilização do aplicativo em sala de aula – “Sim, foi o que aconteceu usando o *app*. Eu confundia muito os modelos atômicos e isso me ajudou de forma rápida a não confundir mais” (E8) e “Acho que as dúvidas que tive em relação ao conteúdo, foram tiradas todas depois desse aplicativo. Então, sim, o aplicativo ajuda bastante” (E7).

Pode-se inferir através destas respostas que a RA aumentada possibilitou uma melhor compreensão dos conteúdos, "indo além da concretização de conceitos abstratos, abrangendo processos importantes, como a promoção da retenção do conhecimento (Chang; Chung, 2018; Leite, 2020) e o desenvolvimento de habilidades espaciais (Maier; Klinker, 2013; Ewais; Troyer, 2019; Leite, 2020). Segundo Locatelli et al. (2015), "A química se caracteriza com uma ciência experimental apresentando conteúdos abstratos e de difícil compreensão e visualização por parte dos alunos. Sendo assim, diversos pesquisadores afirmam que o processo de aprendizagem pode ser mais significativo com a utilização de TICs". Essa abstração nos conteúdos de química se apresenta como uma dificuldade por parte dos estudantes, podemos observar essa realidade através das respostas dos mesmos, onde antes confundiam os modelos atômicos e após a utilização do *app* de RA indicaram que não confundem mais. A utilização de recursos e estratégias para a diminuição dessa dificuldade de abstração deve estar presente nas práticas pedagógicas, possibilitando que a RA se torne uma aliada na construção do conhecimento químico, podendo gerar motivação, interação e aprendizado.

É importante entender os *app* de RA como um RDD para auxílio nas práticas docentes, eles não irão substituir o papel docente, nem tão pouco a sua utilização sem uma estratégia didática irá trazer benefícios para os estudantes e professores, a partir do momento que o seu uso é incorporado com a ATA, há um potencial que pode ser alcançado, tornando a aprendizagem ativa e significativa.

No que concerne ao questionário 2 aplicado após a realização da estratégia 2, a primeira questão buscava compreender dos 59 estudantes participantes se acharam interessante a utilização da RA no ensino sobre Ligações Químicas (pergunta 1). Todos os estudantes afirmaram que sim, algumas respostas foram: "[...] foi uma dinâmica bem diferente" (E55), "Porque juntou a tecnologia com a química" (E48) e "Sim, pois é algo novo, algo que nunca havia experimentado antes" (E58). Nas respostas dessa primeira questão, foi predominante as palavras diferente, novo, interessante e divertido para se referir ao uso da tecnologia de RA. Segundo Reis, Leite e Leão (2017), o uso das tecnologias promove uma educação diferenciada, personalizada, criativa e crítica, pois as tecnologias no ambiente escolar estão em franca expansão, o que pode justificar a aceitação da RA como uma abordagem interessante no ensino de Química. Nesse sentido, Leite (2022, p. 2), afirma que "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".

Quando indagados se os aplicativos contribuíram para melhorar o entendimento do conteúdo apresentado em sala de aula (pergunta 2), pouco mais de 98% responderam que sim e 1,7% respondeu que não. Dentre os que responderam sim, notou-se que a utilização dos aplicativos possibilitou o entendimento do assunto, ajudando a facilitar a compreensão sobre as ligações químicas, conforme expôs E32: "Sim, com a realidade aumentada ficou mais fácil e prático de entender o assunto" (E32). Já E57 destacou que "os aplicativos, na minha opinião, contribuíram para um maior entendimento na sala de aula" (E57). De acordo com Leite (2021, p. 246), "utilizar as tecnologias digitais nas práticas pedagógicas abre caminho para aproximar os estudantes dos conteúdos propostos em sala de aula" e essa aproximação se dá quando eles conseguem observar através da RA conceitos que foram ensinados de forma apenas teórica, conforme revelam E59 "[...] além da aula teórica, aprendemos com uso da tecnologia, o que facilita aprender o conteúdo" e E50 "Sim, pois não foi apenas a aula teórica, mas também algo que pudéssemos ver o que foi ensinado, de ver, de aprender". É importante tornar a aula mais interativa, imersiva, principalmente quando se fala no ensino de Química que ainda hoje é visto pelos estudantes como uma matéria chata e muito difícil (Souza; Leite; Leite, 2015), é imprescindível pensar em formas mais atrativas e engajadoras para que o estudante interaja e se sinta motivado. Quanto a resposta negativa, a justificativa do que o estudante apontou foi "porque só apareceu umas bolinhas, os átomos e as ligações eram bolinhas" (E53). No aplicativo *Chemistry Ar*, os átomos são representados em forma

de esfera com os elétrons ao seu redor, e por muitas vezes os estudantes acabam achando que o que acontece no *app* é real e não apenas uma representação (Leite, 2020), sendo importante os educadores auxiliarem os estudantes sobre esse fato.

Na terceira pergunta (Os aplicativos apresentaram facilidade no manuseio?), 56 (94,9%) participantes responderam sim e apenas três (5,1%) responderam que não. As respostas em geral foram que os aplicativos são fáceis de usar, simples e rápidos, como é mostrado em algumas falas a seguir: "Foi bem fácil de usar os dois" (E45), "Todos foram práticos e bem explícitos na sua forma de uso" (E27) e "É muito fácil de mexer no aplicativo, de primeira parece complicado, mas não é" (E29). Todavia, alguns estudantes pontuaram que os *apps* utilizados apresentaram falhas, segundo E43 "um deles buga demais", mas não informou qual em sua resposta. Já E21 relatou que teve dificuldade em realizar o download, pois era fácil de manusear, porém "não funciona para todos os celulares, mas é muito bom" (E21). Durante a estratégia 2 os *apps Chemistry AR* e *QuímicoAR (Augmented Class)*, apresentaram dificuldades de serem encontrados na *Google Play®*. Nesse contexto, para que os estudantes tivessem acesso aos aplicativos e baixassem em seus *smartphones* foi preciso enviar o link de um celular que já tinha o aplicativo baixado.

Dos três estudantes que responderam negativamente, as justificativas foram: "Porque não funciona em todos os dispositivos" (E14) e "deu um pouco de problema para captar a imagem e algumas delas não funcionaram" (E56), referindo-se a um problema no escaneamento dos marcadores. Esse problema ocorreu principalmente com o *app chemistry AR*, em que alguns celulares não conseguiam ler os QRcodes dos marcadores, impossibilitando a visualização representativa da ligação entre os átomos. Outra dificuldade de manuseio foi relatada por E8, segundo o estudante "[...] foi difícil de juntar os elementos" (E8). Nos dois aplicativos usados, os átomos/elementos que eram apresentados poderiam se "ligar", porém para que isso ocorresse era necessário que a câmera estivesse posicionada sobre os marcadores e ao mesmo tempo aproximar os átomos/elementos uns dos outros. Neste caso, para quem não tem o hábito de usar os marcadores, pode gerar algum tipo de dificuldade no manuseio do aplicativo.

No que diz respeito a quarta pergunta (O que você achou de utilizar o seu celular como recurso didático dentro da sala de aula?), buscamos sondar as impressões dos participantes ao utilizarem seus próprios celulares para aprender um conteúdo novo de Química. As respostas obtidas indicavam que os estudantes acharam interativo a utilização do celular em sala (6,8%), qualificaram como prático (11,9%) e útil (5,1%), além de acharem legal (20,3%), divertido (15,2%), inovador (18,6%) e ótimo (22%). Todas as respostas foram positivas quanto à utilização dos celulares como RDD dentro da sala de aula, corroborando com Reis (2019, p. 19), ao afirmar que quando os estudantes utilizam seus próprios celulares "está se empregando um dispositivo onde o mesmo está inserido no cotidiano do aluno". Esta ação de usar as tecnologias no processo de aprendizagem dos estudantes foi ancorada pelo modelo da aprendizagem tecnológica ativa (Leite, 2018), ao considerarmos o pilar suporte da tecnologia. Além deste pilar, os pilares protagonismo do estudante e papel docente também estiveram presentes durante a execução da estratégia 2, o primeiro de forma a possibilitar nos estudantes o desenvolvimento de suas competências de maneira reflexiva e ativa, e o segundo através da orientação do professor durante a utilização da tecnologia de realidade aumentada no intuito de favorecer a construção do conhecimento químico. O modelo da aprendizagem tecnológica ativa utiliza as tecnologias digitais em conjunto com as metodologias ativas, onde o foco é colocar o estudante no centro do processo de ensino e que tenha controle de sua aprendizagem (Leite, 2018).

Com relação a quinta pergunta (Você já tinha utilizado algum aplicativo de realidade aumentada? Se sim, qual?), 50 (84,7%) estudantes afirmaram que nunca utilizaram algum tipo de *app* de RA e 9 (15,3%) afirmaram que já utilizaram. Dos que já tiveram a oportunidade de usar aplicativos de RA, alguns explicaram que não lembravam o nome do aplicativo e os que lembravam

informaram que usaram o jogo Pokemon Go. Assim como na primeira estratégia, na segunda também não foi diferente, majoritariamente os estudantes indicaram que não utilizaram *apps* de realidade aumentada.

Ao serem questionados qual dos aplicativos utilizados na estratégia 2 foi mais fácil de utilizar (pergunta 6). O aplicativo *Chemistry Ar* foi escolhido por 42,4% dos estudantes, o aplicativo QuímicaAR (*Augmented Class*) por 20,33%, 35,6% escolheram ambos os aplicativos e 1,7% não opinaram. Apesar dos aplicativos terem uma quantidade limitada de elementos químicos e ligações para serem utilizados, eles foram escolhidos devido a facilidade no manuseio, clareza nos comandos e desempenho.

No que diz respeito sobre a impressão dos estudantes ao utilizarem *apps* de realidade aumentada (Pergunta 7), as respostas obtidas foram positivas, elencando diferentes adjetivos para expressar suas opiniões. Para E17 foi "bem interessante ver o que a tecnologia oferece para gente", já E27 considerou que "é bem interessante esse tipo de tecnologia pra se usar em química" (E27). Outros adjetivos foram usados pelos estudantes, como "Fiquei impressionado" (E8) e "Foi uma experiência diferente" (E9). As respostas dos estudantes sugerem que *apps* de RA podem promover impactos e contribuições positivas no processo de ensino e aprendizagem, gerando mudanças significativas na construção de conhecimento. Segundo Mazucco et al. (2021, p. 403), essas "mudanças estão essencialmente relacionadas à capacidade da RA conceber ambientes de convivência entre realidade e virtualidade, permitindo que os alunos vivenciem fenômenos, que de outras formas seriam impossíveis de serem experimentados". Destarte, as tecnologias, principalmente a RA, podem começar a ter mais espaço nos ambientes educacionais, proporcionando mais informações nas diversas áreas de estudo, inclusive na Química.

Quando questionados sobre a existência de algum assunto de Química que tiveram dificuldades em compreender e se a realidade aumentada ajudaria no entendimento deste conteúdo (pergunta 8), 50,8% dos estudantes relataram que existiam conteúdos de Química em que eles possuem dificuldades e que acreditam que com a utilização da RA poderia os ajudá-los a entender melhor o assunto. Alguns dos assuntos mencionados pelos estudantes foram: tabela periódica, mistura de substâncias, modelos atômicos e distribuição eletrônica. Segundo os estudantes através da RA esses assuntos seriam mais facilmente compreendidos. Acreditamos que a RA poderia auxiliar os estudantes, contribuindo para maior compreensão desses conteúdos que eles julgaram ter mais dificuldades. Conforme explicitado por Cai et al. (2014), podemos inferir que a visão (espacial, tridimensional etc.) dos estudantes seria ampliada através da RA, pois o recurso permite ao estudante inserir objetos virtuais que representem átomos, moléculas, íons, além de possibilitarem animações envolvendo transformações químicas em relação ao objetos reais, permitindo ao estudante uma melhor compreensão da constituição da matéria e das transformações sofridas pelos materiais a nível molecular (Cai; Wang; Chiang, 2014).

Por fim, na última pergunta (Na sua opinião, o uso de celulares para a aprendizagem é importante/interessante? Justifique sua resposta) as respostas foram unânimes, onde os estudantes responderam positivamente que o uso dos celulares é importante/interessante. Dentre as explicações apresentadas pelos estudantes elencamos algumas a título de ilustração: "Sim, pela facilidade de encontrar informações e consequentemente tirar dúvidas" (E44), "O uso da tecnologia é mais comum a cada dia então em vez de tratá-la como algo prejudicial, porque não usá-la para um fim didático" (E27) e "Sim, pois com ele podemos aprofundar o conhecimento através da internet" (E14), "Sim, pois sai um pouco do ensino normal e se torna interessante" (E40) e "Sim, pois acaba mostrando que o uso do celular não é só para lazer, mas aprendizagem também" (E32). Alguns estudantes demonstraram preocupação devido ao acesso ao celular: "O uso do celular é bom, porém tem que ver a condição dos alunos, porque tem uns que não tem acesso a celular" (E15). Três estudantes demonstraram receio com o uso do celular como um recurso didático digital,

para eles: "Acho que seria interesse, mas não importante. Pois já temos livros para isso. É melhor usar o livro que o celular" (E29), "Sim, é importante, porém com limites. O pessoal acaba abusando no uso" (E35) e "tem que ser utilizado com sabedoria" (E20).

Nesse contexto, o celular é um dispositivo móvel com potencial de auxiliar na aprendizagem se utilizado para fins educacionais, o seu uso traz motivação, autonomia e segurança para os estudantes. Conjecturamos que pelas respostas, alguns estudantes conseguem perceber esse lado benéfico da tecnologia, porém outros ainda apresentam dúvidas. De acordo com Leite (2014, p. 59), "o celular pode contribuir para o processo de aprendizagem dos estudantes, diferente do que muitos professores acreditam que o celular distrai e atrapalha a aula". Diante disso, a utilização de dispositivos móveis e aplicativos como o da RA que utilizamos na presente pesquisa, podem ser úteis para o ensino, através de propostas pedagógicas e estratégias que foquem na participação do estudante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investigou os limites e possibilidades do uso de quatro aplicativos de realidade aumentada (Química Aumentada, *Atom Visualizer*, *Chemistry AR* e *QuímicaAr*) abordados a partir de duas estratégias didáticas fundamentadas na aprendizagem tecnológica ativa, considerando as percepções de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio. Em relação ao levantamento realizado, a pesquisa mostrou que existem poucos aplicativos de RA para a Química disponíveis na *Google Play®*. Dos aplicativos identificados apenas quatro contemplavam as três categorias (usabilidade, experiência de usuário e princípios de aprendizagem) propostas no modelo de avaliação de aplicativos educacionais (Oliveira; Leite, 2024). Os resultados mostraram que os quatro *apps* utilizados na pesquisa, segundo os estudantes, contribuíram para o entendimento dos conteúdos sobre modelos atômicos, tabela periódica e ligação química.

Destarte, a partir dos resultados é possível afirmar que a utilização da RA se revelou promissora (segundo os estudantes), promovendo uma aula diferenciada, despertando nos estudantes motivação e participação ativa durante os momentos pedagógicos. Observamos também que a contribuição da tecnologia RA para o entendimento e compreensão dos conteúdos de modelos atômicos, tabela periódica e ligação química, durante as aulas foi significativa, inferindo que a RA pode ser utilizada como um recurso didático digital no ambiente educacional, desde que organizada por estratégias didáticas planejadas. Algumas dificuldades relatadas pelos estudantes, como a má operação dos aplicativos em alguns celulares, não prejudicou o objetivo da pesquisa.

As práticas pedagógicas dos professores precisam constantemente ser atualizadas, e o uso dos dispositivos móveis podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem (Leite, 2014). Apesar da utilização da aprendizagem móvel através de aplicativos de celulares apresentarem benefícios como a contribuição e participação, interação maior entre estudantes e professores, é necessária a investigação de aplicativos de qualidade que contribuam positivamente com a estratégia proposta pelo professor.

Os cinco pilares da ATA deram suporte para a elaboração e aplicação das estratégias didáticas, dando ênfase ao protagonismo do estudante, a partir da autonomia proporcionada aos participantes durante os momentos pedagógicos, como também no fortalecimento da autoconfiança, mostrada na manipulação dos *smartphones* para uso pedagógico. Ademais, é percebido o pilar suporte das tecnologias, com mais ênfase, como o celular e a RA, utilizados como recursos para os processos de ensino e aprendizagem. O papel do professor, em mediar e orientar os estudantes dando chance para que ele se desenvolva e construa seu próprio conhecimento, indicando as tecnologias que serão aplicadas e dando o suporte necessário, corroborando com Alves e Ribeiro (2020, p. 305), quando afirmam que "do ponto de vista pedagógico, a aprendizagem tecnológica ativa pode auxiliar e favorecer a aprendizagem, [...], colocando os estudantes como protagonistas

de sua própria aprendizagem, passando de um mero receptor de informação para um sujeito autônomo e ativo” e com Leite (2022), que aponta que na ATA as ações relacionadas com a prática pedagógica podem permitir que o processo de ensino e aprendizagem seja mais flexível, colaborativo, empático, além de promover a inserção das tecnologias digitais com as metodologias ativas em sala de aula.

Por fim, considerando a rápida evolução das tecnologias, é possível que os aplicativos utilizados nesta pesquisa não funcionem em alguns *smartphones*, quer seja devido às atualizações que as plataformas de aplicativos realizam, quer seja pelo fato dos *smartphones* possuírem configurações não mais compatíveis com as dos aplicativos, ou até mesmo pela desatualização/remoção dos aplicativos na *Google Play®*. Assim, para utilizar aplicativos dentro de um contexto pedagógico se faz necessário realizar periodicamente pesquisas e levantamentos dos *apps* disponíveis nas plataformas, além de estudos e estratégias pedagógicas baseadas nos pressupostos da ATA, de forma a contribuir para o processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, é importante a análise dos aplicativos de RA disponíveis, para que sejam utilizados em sala de aula (por meio da ATA), pois a partir do uso deste modelo, que realiza a integração entre as tecnologias digitais com as metodologias ativas, foi possível observar a contribuição para os processos de ensino e aprendizagem da Química.

REFERÊNCIAS

ADAMS, L.; TREVISAN, T. B.; PAULA FILHO, P. L.; SCHUTZ, F.; SILVA, H. P. Estudo de realidade aumentada através da biblioteca ARTOOLKIT. **Recit: Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 4, n.7, p.24-27, 2013.

ALZHRANI, N. M. Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts. **Applied Sciences**, v. 10, n. 16, p. 5660, 2020.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. **Trabalhando com Projetos** – Planejamento e Gestão de Projetos Educacionais. Petrópolis-RJ, Vozes, 2013.

BENEDETTI-FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M.; CESAR, R. M.; BENEDETTI, L. P. S. A importância do emprego de um jogo de cartas para a revisão da nomenclatura de ácidos e bases. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, p. 264-280, 2020.

BRASIL. **Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025**. Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 9, p. 3, 14 jan. 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-15.100-de-13-de-janeiro-de-2025-606772935>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CAI, S., WANG, X., CHIANG, F. K. A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. **Computers in Human Behavior**, v. 37, p. 31–40, 2014.

CHANG, R. C.; CHUNG, L. Y. Integrating augmented reality technology into subject teaching: The implementation of an elementary science curriculum. In: **Frontier Computing: Theory, Technologies and Applications FC 2016 5**. Springer Singapore, 2018. p. 187-195.

EWAI, A.; TROYER, O. D. A usability and acceptance evaluation of the use of augmented reality for learning atoms and molecules reaction by primary school female students in Palestine. **Journal of Educational Computing Research**, v. 57, n. 7, p. 1643-1670, 2019.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of Chemistry - Logical or Psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

LEITE, B. Aprendizagem tecnológica ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 4, n. 3, p. 580–609, 2018.

LEITE, B. S. Aplicativos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para o ensino de Química. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. e097220, 2020.

LEITE, B. S. Aplicativos para aprendizagem móvel no ensino de química. **Ciências em Foco**, v. 13, p. e020013, 2020.

LEITE, B. S. M-learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 3, p. 55-68, 2014.

LEITE, B. S. Pesquisas sobre as tecnologias digitais no ensino de química. **Debates em Educação**, v. 13, n. Esp2, p. 244–269, 2021.

LEITE, B. S. Tecnologias digitais e metodologias ativas no ensino de química: análise das publicações por meio do corpus latente na internet. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 1, p. e020003, 2020.

LEITE, B. S. **Tecnologias digitais na educação**: da formação à aplicação. São Paulo: Livraria da Física, 2022.

LEITE, B. S. **Tecnologias no Ensino de Química**: teoria e prática na formação docente. 1 ed. Curitiba: Appris, 2015.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do Estado da Arte. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 12, p. 1-12, 2015.

MAIER, P.; KLINKER, G. Augmented chemical reactions: An augmented reality tool to support chemistry teaching. In: **2013 2nd Experiment@ International Conference (exp. at'13)**. IEEE, 2013. p. 164-165.

MAZZUCO, A. E. R.; KRASSMANN, A. L.; BASTIANI, E.; REATEGUI, E. B. Revisão de Literatura Sobre o Uso da Realidade Aumentada no Ensino de Química. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 19, n. 1, p. 402–412, 2021.

MELZER, E. E. M.; AIRES, A., J. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 11, p. 62-77, 2015.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: Penso, 2018. e-PUB.

MOURA, A. Aprendizagem móvel e ferramentas digitais para inovar em sala de aula. In: SOUZA, K. P.; RIBEIRO, R. A.; SANTIAGO, C. T.; AMORIM, R. F. (Org.). **Jornadas Virtuais: vivências**

práticas das tecnologias educativas. Secretaria de Educação do Estado do Ceará – SEDUC; Fortaleza: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT, 2016.

MOURA, A. M. **Apropriação do Telemóvel como Ferramenta de Mediação em Mobile Learning: Estudos de casos em Contexto Educativo.** Tese (Doutoramento em Ciências da Educação, Tecnologias Educativas) - Universidade do Minho, Braga, 2010.

OLIVEIRA, V. S.; LEITE, B. S. Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais: Avaliando Aplicativos de Química Orgânica da Google Play®. **Química Nova**, v. 47, n. 8, p. e-20240032, 2024.

PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 3, 121-134, 2014.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, p. 125-153, 2001.

PINA, A. R. B.; SOUZA, F. N.; LEÃO, M. B. C. Investigación Educativa a Partir de La Información Latente en Internet. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 7, n. 2, p. 301-316, 2013.

QUEIROZ, A. S.; OLIVEIRA, C. M.; REZENDE, F. S. 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.

REIS, L. F. A. **Realidade aumentada no ensino de química: desenvolvimento de objetos virtuais para aplicativo smartphone como proposta de ensino de eletroquímica.** 2019. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

REIS, R. S.; LEITE, B. S.; LEÃO, M. B. C. Apropriação das Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de ciências: uma revisão sistemática da última década (2007-2016). **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2017.

RODELLO, I. A.; SANCHES, S. R. R.; SEMENTILLE, A. C.; BREGA, J. R. F. Realidade Misturada: Conceitos, Ferramentas e Aplicações. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 2, p. 2-16, 2010.

ROSA, P. R. S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em Ensino de Ciências.** Campo Grande: EdUFMS, 2013.

SILVA, A. L. P.; COSTA, H. R. Contextualização e experimentação na revista química nova na escola: uma análise de 2009-2016. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, p. 331-352, 2019.

SILVA, R. A.; VASCONCELOS, F. C. G. C. Softwares de simulação no ensino de química: uma perspectiva através do m-learning. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 14, p. 42-57, 2021.

SOARES, L. Q.; FERREIRA, M. C. Pesquisa participante como opção metodológica para a investigação de práticas de assédio moral no trabalho. **Revista Psicologia: Organizações e Trabalho**, v. 6, p. 85-110, 2006.

SOUZA, J. I. R.; LEITE, Q. S. S.; LEITE, B. S. Avaliação das dificuldades dos ingressos no curso de licenciatura em Química no sertão pernambucano. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 5, n. 1, p. 135-159, 2015.

ZORZAL, E. R.; KIRNER, C.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR., E.; OLIVEIRA, M. R. F.; SILVA, L. F. Ambientes Educacionais Colaborativos com Realidade Aumentada. **RENOTE**, v. 6, n. 2, 2008.



Revista
Ciências & Ideias