



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

KATIUSKA GENUINO DE ARAÚJO MELO

**UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA PARA
A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO**

Recife
2024

KATIUSKA GENUINO DE ARAÚJO MELO

**UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA PARA
A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Silva Leite

**Recife
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M528u Melo, Katuska Genuino de Araújo
Utilização de aplicativos de realidade aumentada para a construção do conhecimento químico / Katuska Genuino de Araújo Melo. - 2024.
66 f. : il.

Orientador: Bruno Silva Leite.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2024.

1. Realidade Aumentada. 2. Aplicativos. 3. Ensino de Química. 4. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. 5. Ensino Médio. I. Leite, Bruno Silva, orient. II. Título

CDD 540

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

KATIUSKA GENUINO DE ARAÚJO MELO

**UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA PARA
A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO**

Aprovado em: _____.

Banca Examinadora

Bruno Silva Leite – Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Jocimario Alves Pereira – 1º avaliador
Secretaria de Educação do Município de Conceição - PB

Sebastião Luiz da Silva Neto – 2º avaliador
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus amados filhos, Sofia Genuino e Benício Genuino, que me deram força e coragem para prosseguir e chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A minha caminhada acadêmica não foi fácil, passei por muitos percalços e muitas vezes pensei em desistir. Nesses muitos momentos, Deus com sua infinita bondade sempre enviou pessoas queridas para que me fosse injetada uma dose de ânimo. Muitas pessoas cruzaram meu caminho durante esses sete anos, talvez não mencione todos aqui, porém pode ter certeza de que todos tiveram um papel fundamental para que esse meu sonho se tornasse realidade.

Gratidão primeiramente, ao meu Deus, pela vida, pelo amor e misericórdia, sem Ele eu não estaria aqui. A minha mãe que sempre me deu forças e encorajamento para que não desistisse do curso, ao meu pai, que infelizmente não poderá ver eu me formando, mas foi um grande incentivador e exemplo para mim. Ao meu esposo, que não mediu esforços para me ajudar em todos os momentos, sendo eles felizes ou tristes. Aos meus filhos que foram e sempre serão meu combustível diário em busca do melhor. Aos meus queridos amigos que estiveram aos meu lado nesta caminhada, uns no início, outros na metade dos caminhos e outros no final, mas que foram imprescindíveis para que este momento acontecesse, Hayanne, Michelly, Jobson, Evany, Thaises, Andrea. Ao meu orientador, o professor Bruno Leite, por todo conhecimento e ajuda direcionados a mim. Agradeço a todos de coração!

RESUMO

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) se destacam na área da Educação contribuindo para diferentes práticas pedagógicas, se configurando como uma alternativa viável 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, se tornando um recurso promissor para a exemplificação tridimensional de moléculas e átomos complexos, além de uma variedade de possibilidades para o ensino de conteúdos da Química. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver e utilizar estratégias para a implementação de aplicativos de RA no Ensino de Química. Para isso, foi realizada uma pesquisa qualitativa do tipo participante com os estudantes do primeiro ano do ensino médio para a abordagem dos assuntos: Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligações Químicas, desenvolvidas em quatro etapas metodológicas. Inicialmente buscamos analisar os limites e as possibilidades no que tange o uso do Recurso Didático Digital (RDD) de Realidade Aumentada no Ensino de Química para em seguida propor estratégias didáticas baseadas na Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA) onde se busca promover a construção do conhecimento químico por meio da aplicação de tecnologias emergentes, como os aplicativos de RA, como uma abordagem didática eficaz. Também foi analisada a intervenção realizada com os estudantes de forma a descrever as possíveis vantagens e desvantagens de sua utilização. Os resultados mostram que o uso da tecnologia RA tem capacidade para proporcionar uma visão 3D e dinâmica ao que antes os estudantes e professores só observavam em 2D estaticamente nos livros e quadros, podendo contribuir para uma aprendizagem substancial, diferenciada e dinâmica, despertando a imaginação e o interesse dos estudantes quando passa a ser utilizada como um recurso didático digital, associado com a aprendizagem móvel por meio das Metodologias Ativas.

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

ABSTRACT

Digital Information and Communication Technologies (DIT) stand out in the area of Education, contributing to different pedagogical practices, configuring themselves as a viable alternative for teaching and learning processes. Among the various TDIC, Augmented Reality (AR) has stood out in recent years as a promising Digital Teaching Resource. AR is a resource that can be used in chemistry classes, as it is an integration of virtual elements with the real world, becoming a promising resource for the three-dimensional exemplification of complex molecules and atoms, in addition to a variety of possibilities for teaching Chemistry content. The present research aims to develop and use strategies for implementing AR applications in Chemistry Teaching. To this end, qualitative participant research was carried out with first-year high school students to address the subjects: Atomic Models, Periodic Table and Chemical Bonds, developed in four methodological stages. Initially, we sought to analyze the limits and possibilities regarding the use of the Augmented Reality Digital Didactic Resource (RDD) in Chemistry Teaching and then propose teaching strategies based on Active Technological Learning (ATA) which seeks to promote the construction of chemical knowledge through the application of emerging technologies, such as AR applications, as an effective teaching approach. The intervention carried out with the students was also analyzed in order to describe the possible advantages and disadvantages of its use. The results show that the use of AR technology has the capacity to provide a 3D and dynamic view of what students and teachers previously only observed in 2D statically in books and pictures, and can contribute to substantial, differentiated and dynamic learning, awakening the imagination and students' interest when it starts to be used as a digital teaching resource, associated with mobile learning through Active Methodologies.

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

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	Representação do funcionamento da RA em <i>smartphones</i>	24
Figura 2	Aplicativos utilizados na primeira estratégia	40
Figura 3	Desenho realizado pelo Grupo 3 para a segunda questão.....	42
Figura 4	Aplicativos utilizados na segunda estratégia	45

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Respostas dos estudantes para a quarta questão.....	49
Gráfico 2	Respostas dos estudantes para a quinta questão.....	50
Gráfico 3	Respostas dos estudantes para a oitava questão.....	53
Gráfico 4	Respostas dos estudantes para a quarta questão.....	57

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1	Questionário aplicado na primeira estratégia	33
Quadro 2	Questionário aplicado na primeira estratégia	33
Quadro 3	Aplicativos de realidade aumentada na <i>Google Play</i> encontrados no levantamento	35
Quadro 4	Questões propostas para resoluções dos grupos	41
Quadro 5	Exercício em grupo	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APPS	Aplicativo
ATA	Aprendizagem Tecnológica Ativa
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DM	Dispositivos Móveis
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
RA	Realidade Aumentada
RDD	Recurso Didático Digital
RV	Realidade Virtual
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TP	Tabela Periódica
trad.	Tradutor

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
1.1 ENSINO DE QUÍMICA.....	15
1.1.1 Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligações Químicas	17
1.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO.....	19
1.2.1 Recurso Didático Digital no Ensino de Química	22
1.2.2 Realidade Aumentada	23
1.3 APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA ATIVA.....	26
1.4 APRENDIZAGEM MÓVEL.....	28
2 METODOLOGIA	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
3.1 LEVANTAMENTO DOS RECURSOS DIDÁTICOS DIGITAIS.....	35
3.2 ESCOLHA DOS APLICATIVOS.....	39
3.3 APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS.....	40
3.3.1 Primeira Estratégia Didática	40
3.3.2 Segunda Estratégia Didática	45
3.4 IMPRESSÃO DOS ESTUDANTES SOBRE OS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA.....	47
3.4.1 Primeiro Questionário	47
3.4.2 Segundo Questionário	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS.....	63

INTRODUÇÃO

Por muitos anos a Química foi vista como aquela disciplina que possui apenas fórmulas, cálculos e problemas, ainda há quem enxergue desta forma. Para os estudantes, aprender o conteúdo de química é difícil e complicado, sendo uma das razões dessa afirmação, por ela ser abstrata e complexa (SILVA, 2011a). Cher e colaboradores (2018) e Assai e colaboradores (2018), realizaram pesquisas recentes onde demonstraram que no Ensino de Química predominam atividades que buscam a memorização, tornando o aprendizado limitado e por esse motivo, concordando com Nunes e Adorni (2010), há o desinteresse e a perda da motivação. Diante deste cenário, 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) e muitos destes professores, como também pesquisadores, percebem a necessidade de mudança, que se estende tanto no processo de formação de novos professores, quanto na utilização de metodologias que possibilitem desenvolver o compromisso e o envolvimento por parte dos estudantes (SOARES, MESQUITA; REZENDE, 2017). De acordo com Freire (1993), "O Educador precisa estar à altura de seu tempo", isso quer dizer que é necessário a auto avaliação e a busca por metodologias inovadoras e tecnológicas que acompanhem o mundo globalizado.

As TDIC expandem os horizontes no que diz respeito às possibilidades de utilização de recursos nos processos de ensino e aprendizagem. A utilização das tecnologias e dos recursos da internet, contribuem para criar para os professores um novo panorama, possibilitando mudança na forma de ensinar e aos estudantes a oportunidade de construir o conhecimento de maneira considerável e sua participação ativa nos processos de ensino e aprendizagem. Os RDD são instrumentos que podem se tornar aliados contra a rotina e as tendências de aulas tradicionais, a união desses recursos estimula a curiosidade e desejo pelo aprender. Segundo Leite (2018, p. 3), "seu uso promove o aprendizado, facilita a interação e estimula os estudantes a uma aprendizagem significativa". Os vídeos, jogos, *podcasts*, aplicativos "apps", são alguns exemplos de RDD que estão se tornando cada dia mais constantes na didática dos professores. Os aplicativos móveis são um recurso popular, segundo Araujo (2020, p. 69), a "expansão e popularização das tecnologias móveis proporcionou um notável desenvolvimento de *softwares* para dispositivos móveis: os aplicativos". Diversos *apps* são criados para diferentes conteúdos na área educacional, para o estudo de química,

podemos encontrar tabela periódica, cálculos químicos, aplicativos para balanceamento de reações, e muitos outros (LEITE, 2020a).

Destarte, um dos desafios para os professores no Ensino de Química, é ensinar conceitos abstratos utilizando exemplos concretos (LEITE, 2020b). Neste contexto, a utilização de aplicativos móveis com a tecnologia de RA pode favorecer a compreensão de conceitos difíceis de serem assimilados, “principalmente dos conteúdos que estão mais distanciados do conhecimento dos estudantes, podendo auxiliar na visualização de moléculas, átomos, reações etc.” (Leite, 2020b, p. 3). A RA é uma tecnologia em crescimento e permite que as pessoas interajam com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo, sendo capaz de ser uma metodologia promissora dentro da sala de aula.

À vista disso, uma das questões que pairam sobre os educadores e pesquisadores relacionadas às tecnologias digitais é: diante de todas as inovações tecnológicas do novo mundo contemporâneo, as TDIC e os recursos didáticos, especificamente a realidade aumentada, favorecem um aprendizado mais ativo e significativo ou terminam por minar a educação trazendo consequências negativas?

No intuito de alcançar respostas para a questão de pesquisa, delimitamos os objetivos gerais e específicos. Dessa forma, o objetivo geral desta monografia é Investigar os limites e as possibilidades do uso de aplicativos de realidade aumentada, na perspectiva de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, através abordagens inovadoras fundamentadas na Aprendizagem Tecnológica Ativa para ensino de modelos atômicos, tabela periódica e ligações química. Neste sentido, os objetivos específicos para esta pesquisa foram:

- ✓ Analisar as possibilidades de implementação do RDD RA no Ensino de Química para turmas do 1º ano do ensino médio;
- ✓ Propor estratégias metodológicas para a construção do conhecimento químico dos estudantes sobre modelos atômicos, tabela periódica e ligações químicas;
- ✓ Utilizar os aplicativos de RA nas estratégias elaboradas nos conteúdos de modelos atômicos, tabela periódica e ligações químicas com estudantes do 1º ano do ensino médio;

- ✓ Avaliar a implementação dos aplicativos de realidade aumentada nas estratégias elaboradas, identificando as percepções dos estudantes participantes.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 ENSINO DE QUÍMICA

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) atesta que a educação precisa ter responsabilidade com a formação e o desenvolvimento global em suas extensões intelectual, física, afetiva, social, ética, moral e simbólica, reconhecendo que ações devem ser tomadas para que sejam asseguradas as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da educação básica. Se destacam quatro pontos importante para nossa discussão, como:

Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas; Decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem; Selecionar e aplicar metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas, recorrendo a ritmos diferenciados e a conteúdos complementares, se necessário, para trabalhar com as necessidades de diferentes grupos de alunos, suas famílias e cultura de origem, suas comunidades, seus grupos de socialização etc. Selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender (Brasil, 2018, p. 16-17).

Esses pontos indicam que dentro dos processos de ensino e aprendizagem, se faz necessário a contextualização, a mesclagem entre os tipos de recursos didáticos utilizados, incluindo as TDIC, ressaltando a sua relevância, além de propostas diversificadas aplicadas dentro das paredes da escola, para que o conhecimento atinja a todos os estudantes e se torne mais efetivo, acompanhando as transformações tecnológicas do mundo contemporâneo. Entretanto, ainda é um desafio incorporar essas ações no ambiente escolar, especificamente, no contexto da sala de aula, principalmente devido a formação dos professores, que repassam os conteúdos da maneira como aprenderam, sendo muitas vezes tradicionalista (SILVA, 2011a). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2002) os conteúdos abordados no Ensino de Química não podem ser apenas tratados como uma transmissão de informações, a qual não apresenta nenhuma relação com o dia a dia do aluno, seus interesses e suas vivências. Os assuntos trabalhados devem estar sempre relacionados a sua realidade, para que haja contribuição no que se refere a prepará-los para a vida, transformando-os em

instrumentos de cidadania e competência social (BRASIL, 2002). A Química, assim como as outras ciências, tem papel de destaque no desenvolvimento das sociedades, pois ela não se limita à pesquisa de laboratório e a produção industrial.

Todavia, nem sempre a transmissão de conteúdo é trabalhada dessa forma, muitos estudantes vêm apresentando dificuldades no aprendizado, principalmente no que diz respeito ao aprendizado de Química. Alguns autores apontam a dificuldade de relacionar a matéria com o dia a dia, o que torna um tema exaustivo, contribuindo para a falta de interesse. Os professores de Química, demonstram dificuldades em relacionar os conteúdos científicos com acontecimentos da vida cotidiana (NUNES E ADORNI, 2010). Suas práticas, na maioria das vezes, priorizam a reprodução do conhecimento, ou seja, a cópia e a memorização, acentuando a dicotomia teoria-prática presente no ensino (NUNES; ARDONI, 2010).

Para Mucin (2019, p. 9), a “Química se caracteriza com uma ciência experimental apresentando conteúdos abstratos e de difícil compreensão e visualização por parte dos alunos” e para SILVA (2011a) a forma como os conteúdos de Química são trabalhados dentro da sala de aula é ponto de relevância nos processos de ensino e aprendizagem, as metodologias predominantes não são atrativas, contribuindo também para a falta de interesse dos estudantes. Uma das dez competências descritas pela BNCC fala de “utilizar tecnologias digitais de comunicação e informação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas do cotidiano (incluindo as escolares) ao se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas.” (BRASIL, 2018, p. 18), trazendo o entendimento de que as tecnologias digitais estão em crescente e vem transformando as práticas tradicionais da educação (LEITE, 2021a).

Segundo Silva (2011a, p. 9), “as aulas tradicionais expositivas que usam como único recurso didático o quadro e o discurso do professor, não são alternativas únicas e nem as mais produtivas para o Ensino de Química”. Portanto para um Ensino de Química mais significativo e atrativo é necessário a utilização de estratégias e recursos que despertem o interesse dos estudantes, corroborando com Reis (2017) e Leite (2021) quando dizem que as tecnologias têm a possibilidade de motivar e aumentar o envolvimento dos estudantes, por estar ganhando mais espaço e por consequência estar mais próximas da população. Outrossim, a repulsa de alguns professores em utilizar as tecnologias também é um problema, sendo um dos motivos a não formação dos professores para o uso pedagógico da tecnologia, igualmente a

dificuldade de adequação da tecnologia ao conteúdo e propósitos de ensino (LEITE, 2019b).

Esse cenário é passível de mudança a partir do momento em que há a preocupação em melhorar o Ensino de Química e essa transformação perpassa diretamente a forma como o professor irá abordar os conteúdos dentro da sala de aula. As dificuldades são inúmeras, e as mudanças em relação à Educação não podem ocorrer de forma abrupta, é preciso haver modificação na forma de transmissão dos conteúdos, tornando o Ensino de Química mais atraente para os estudantes. Para tanto, a utilização das tecnologias digitais pode favorecer dinâmicas atrativas e valorizar a participação ativa dos estudantes que interagem tanto com o professor, quanto com os seus colegas de sala (LEITE, 2021a). “O professor, nesse contexto, tem o desafio de se apropriar de recursos didáticos digitais e utilizá-los no processo de ensino e aprendizagem de forma inovadora” (Leite, 2021b, p. 186), o professor se torna o mediador e orientador, oferecendo o suporte necessário para o uso das tecnologias, para que os estudantes estejam no centro do processo de ensino e aprendizagem se tornando protagonistas do seu próprio conhecimento.

1.1.1 Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligações Químicas

Na química é relevante a discussão sobre a importância dos modelos científicos e como eles são construídos, pois a química é baseada em modelos, não somente os atômicos, mas também os moleculares, os de reações e muitas vezes essa discussão não é contemplada pelos professores, pelos livros didáticos e pelos estudantes (MELO; LIMA NETO, 2013). Nesse contexto, “um dos conceitos centrais da química é o do átomo” (EICHLER; DEL PINO, 2000. p. 835), as teorias que explicam a evolução dos modelos atômicos, pesquisas e avanços alcançados pelos cientistas, a matéria e seus fenômenos, são conteúdos de química que geralmente são abordados no primeiro ano do ensino médio, sendo eles fundamentais para o entendimento e compreensão do conceito de átomo. Entretanto, no que diz respeito ao ensino e aprendizagem da estrutura atômica no Ensino de Química, vem sendo evidenciado dificuldades entre os estudantes de transitar entre as observações de fenômenos e as explicações atomísticas, evidenciando assim, a necessidade de adotar maneiras diferenciadas para o ensino (EICHLER; DEL PINO, 2000).

A tabela periódica é uma ferramenta que tem por finalidade organizar e agrupar os elementos químicos já descobertos, “o desenvolvimento da Tabela Periódica é uma das realizações mais significativas da Ciência e um conceito científico unificador, com amplas implicações na Química, Física, Biologia, Astronomia e em outras Ciências” (LEITE, 2019a, p. 702), sendo um instrumento importante no ensino e aprendizagem da química (EICHLER; DEL PINO, 2000). Geralmente, os professores apresentam dificuldades no ensino da tabela periódica, visando alcançar melhores resultados, procuram estratégias que não estejam baseadas no ensino tradicional, que recorre a memorização das propriedades periódicas, como a densidade, raio atômico, eletronegatividade, etc. (FERREIRA et al., 2016).

Estudos recentes feitos por Leite (2019), mostram que os professores buscam estratégias para abordar o conteúdo de tabela periódica, sendo que uma das possibilidades mais utilizadas é a perspectiva da Ludicidade (atividades que envolvem jogos e/ou atividades lúdicas), dado que, possibilitam maior participação dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem. Corroborando com Leite (2019), Ferreira (2016) explica,

O uso de estratégias alternativas no Ensino de Química ainda é pouco frequente e, provavelmente, isto se deve à falta de clareza em relação aos objetivos pedagógicos que se pretende alcançar com o ensino de conteúdo. Excepcionalmente, são identificados conteúdos que merecem um tratamento diferenciado, como ocorre com a TP (2016, p. 350).

Desta maneira, o primeiro contato dos estudantes com esse conteúdo deve ser de maneira atrativa, para que desperte nos estudantes a disposição em relação ao seu estudo (ROCHA *et al.*, 2020). Desta maneira, a utilização de estratégias inovadoras para a transmissão dos conteúdos de Química é uma forma de atrair a atenção dos estudantes, possibilitando novos caminhos para os educadores e impulsionando os estudantes para uma aprendizagem diferenciada, com capacidade de tornar o conhecimento substancial.

Além do ensino de tabela periódica, o estudo das estruturas dos compostos depende basicamente da capacidade de relacionar suas propriedades químicas descritas na tabela periódica com as respectivas estruturas eletrônicas, por isso o entendimento sobre ligações químicas torna-se necessário. Uma das dificuldades encontradas no ensino de ligações químicas é nas ideias dos estudantes ao visualizarem uma reação química, por via de regra eles tendem a terem interpretações

errôneas sobre a ligação que os átomos fazem, devido as representações apresentadas pelos livros (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006). O conteúdo, geralmente, é abordado de maneira expositiva, optando somente pela representação simbólica da química no quadro, o que impossibilita os estudantes a ter uma visão espacial dos átomos e moléculas (SILVA *et al.*, 2017).

A visualização exerce um papel fundamental na educação científica, especialmente nas ciências, que depende da percepção dos estudantes a partir dos modos de representação (micro, macro e simbólica) (MERINO *et al.*, 2018). No Ensino de Química a capacidade do entendimento dos assuntos ministrados vai depender tanto da habilidade do professor em explicar conceitos abstratos e complexos quanto da habilidade dos estudantes em compreender tais explicações. Constantemente é percebido “a dificuldade que os estudantes têm em migrar do macroscópico para o imaginado, eles podem estabelecer relações analógicas incorretas quando os limites de cada analogia não ficam bem definidos” (MELO; LIMA NETO, 2013, p 115). Desse modo, os estudantes precisam compreender conceitos científicos que envolvem a transição do mundo macroscópico (visível a olho nu) para o mundo microscópico (imaginado ou não visível diretamente) e ocorre um impasse que precisa ser superado, um exemplo disso aponta quando é pedido para que os estudantes apresentem a visualização tridimensional de uma molécula que eles apenas visualizaram bidimensionalmente em livros didáticos. Vasconcelos e Arroio (2013) demonstram que por se tratar de uma ciência “abstrata”, mas com aplicações no cotidiano, os professores devem correlacionar as três dimensões da Química: macroscópica, submicroscópica e simbólica, utilizando recursos e analisando se os estudantes estão tendo um entendimento equivocado quanto às explicações científicas referente a ciência química.

1.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Quando se fala TDIC relacionamos imediatamente a internet e o seu uso. Os equipamentos digitais como computadores, celulares, tablets ou qualquer outro dispositivo que permita acesso à internet são considerados TDIC (LEITE, 2021c). Os avanços tecnológicos atingem todas as áreas da sociedade, transformando a forma de se trabalhar, de se comunicar, de se relacionar e de aprender (BRASIL, 2018).

Nos ambientes educacionais, as tecnologias digitais têm crescido nos últimos anos estando cada dia mais presentes nas escolas, transformando as práticas

docentes e provocando “novas oportunidades para a elaboração de estratégias de ensino e novas possibilidades de aprendizagem” (Leite, 2021b, p. 186). Na educação, as TDIC expandem os horizontes no que diz respeito às possibilidades de utilização de recursos no ensino e aprendizagem, através delas podemos “provocar mudanças significativas na forma de interagirmos e nos comunicarmos” (LEITE, 2020c, p. 2). Vale destacar o quanto as TDIC podem gerar impactos positivos na educação. De acordo com Leite (2021a), as TDIC oportunizaram mudanças importantes e positivas no contexto educacional. A aproximação entre professor, estudante e tecnologia deve ocorrer, de preferência, durante as práticas pedagógicas, contribuindo para a construção do conhecimento, assim, “conhecer a real capacidade que as tecnologias têm para contribuir com o processo de ensino e aprendizagem é um passo primordial” (LEITE, 2021a, p. 245). A importância de se pensar em formas de transmissão de conteúdos mais atraentes, contextualizada e que se aproximem da vivência dos estudantes tem sido crescente e as mudanças começam a acontecer quando enxergamos as TDIC como um recurso a ser explorado positivamente, principalmente no Ensino de Química que é focado nos conteúdos curriculares e fundamentado no modelo tradicional de ensino (LEITE, 2015).

Para o Ensino de Química, as TDIC contribuem nos processos de ensino e aprendizagem em relação às dificuldades decorrentes da descontextualização e abstração de conteúdos (DELAMUTA *et al.*, 2020). Segundo Santos e Ferreira (2018), as tecnologias digitais podem ajudar na construção de relações conceituais entre os três níveis do conhecimento químico: o fenomenológico, o representacional e o teórico. Já Delamuta (2020, p. 4) afirma que ensinar Química por meio das TDIC pode “potencializar a aprendizagem dos estudantes”. O uso das TDIC no Ensino de Química vem sendo motivo de discussão há décadas, porém é imprescindível compreender que não existe uma solução universal; a simples adoção de tecnologias nos ambientes educacionais não representa uma solução definitiva para a resolução de todos os desafios enfrentados na esfera educacional. Embora as TDIC possam oferecer benefícios nos processos de ensino e aprendizagem, é necessário reconhecer que seu uso efetivo requer uma abordagem cuidadosa, equilibrada e bem elaborada, fazendo-se necessário “compreendê-las não apenas como meros objetos técnicos, mas como recursos didáticos digitais que podem promover mudanças” (LEITE, 2021a, p. 247).

É fundamental 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. Porém é importante entender que não há uma fórmula mágica, utilizar as tecnologias não fará com que todos os problemas da educação sejam resolvidos, Leite (2020, p. 2) explica que

Não devemos cair no encantamento de que o uso de uma determinada tecnologia ou sistema por si só aumentará seu desempenho no trabalho, na escola ou em qualquer outro ambiente. É preciso compreender que as TDIC trazem consigo valores que podem gerar consequências positivas e/ou negativas, pois dependem da forma que os usuários se apropriam e de como ocorre essa apropriação no ambiente educacional (LEITE, 2020c, p. 2).

Todos os recursos tecnológicos utilizados para educação devem ser acompanhados de propostas metodológicas que promovam ativamente a construção do conhecimento, uma vez que a mera presença de tecnologias não garantem um impacto significativo nos processos de ensino e aprendizagem, além disso para dispor do uso das TDIC no ensino é preciso a capacitação dos professores, para que o seu uso seja objetivo e efetivo, Cantini *et al.* (2006) reforça o papel do professor frente às mudanças tecnológicas

O professor como agente mediador no processo de formação de um cidadão apto para atuar nessa sociedade de constantes inovações, tem como desafios incorporar as ferramentas tecnológicas no processo de ensino e aprendizagem, buscando formação continuada, bem como mecanismos de troca e parcerias quanto à utilização destas (Cantini *et al.*, 2006, p.873).

Neste contexto, as tecnologias no Ensino de Química apresentam opções para o uso de recursos e ferramentas visando a utilização nos conteúdos químicos, para que se tornem mais dinâmico, contextualizado e efetivo. Sendo assim, se faz necessário a qualificação continuada dos professores e na formação de novos professores para o manejo das tecnologias, tendo em vista o crescimento contínuo das tecnologias na área educacional.

1.2.1 Recurso Didático Digital no Ensino de Química

Os RDD são “todos os objetos de aprendizagem, produzidos com o uso das tecnologias digitais, que auxiliam no processo de aprendizado do indivíduo” (LEITE, 2015, p. 239 *apud* LEITE, 2021a). Os RDD são aliados contra as tendências de aulas

tradicionais, a utilização de recursos digitais pode estimular a curiosidade e desejo de aprender. O uso de vídeos, jogos, *podcasts*, aplicativos etc. está se tornando cada vez mais constante no dia a dia de estudantes e professores e vale salientar que o uso desses recursos sem prévio planejamento metodológico, ou mesmo sem levar em conta o contexto dos estudantes, não irá trazer benefícios, nem mudanças na educação (LEITE, 2021a). Portanto, deve haver “uma mediação pedagógica clara [...]” (LEITE, 2021a, p. 248), em que o docente precisa desenvolver um planejamento com estratégias estruturadas para o uso dos RDD no contexto escolar, para que a utilização dos recursos alcance os objetivos esperados.

A utilização dos RDD no Ensino de Química “requer a compreensão sobre criação e uso das tecnologias, além de propostas pedagógicas que contemplem tais recursos” (LEITE, 2021a, p. 248). Podemos destacar alguns trabalhos recentes desenvolvidos por pesquisadores, onde corroboram com as pesquisas e com a afirmação de Leite (2018, p. 3), quando fala dos RDD, “seu uso promove o aprendizado, facilita a interação e estimula os estudantes a uma aprendizagem significativa”. Mesquita, Mesquita e Barroso (2021) apresentam um levantamento de diversos softwares que podem ser utilizados como recurso didático no ensino de vários conteúdos de química, sendo potencializadores no processo de ensino e aprendizagem. Watanabe, Baldoria e Amaral (2018) apresentam uma vivência com o uso de vídeo como recurso didático para o ensino do conteúdo de oxirredução, mostrando resultados significativos. Pinheiro (2024) apresenta em sua pesquisa o desenvolvimento de um jogo educativo digital, como ferramenta de ensino sobre sustentabilidade e ácidos e bases, o jogo busca contribuir para o Ensino de Química gerando interesse, interatividade entre os estudantes incentivando o trabalho em equipe, sendo uma metodologia digital lúdica e proporcionando aprendizado.

Tendo bem estabelecido os aspectos necessários para a implementação dos RDD no âmbito escolar, são concebidas diversas consequências positivas. De acordo com Leite (2021a),

os RDD fazem com que o estudante desenvolva sua criatividade se tornando ativamente participante de construções cognitivas, uma vez que os RDD podem estimular a criatividade através de mecanismos audiovisuais. Ademais, os RDD visam melhorar a aprendizagem das diversas disciplinas da educação básica e superior (LEITE, 2021a, p. 248).

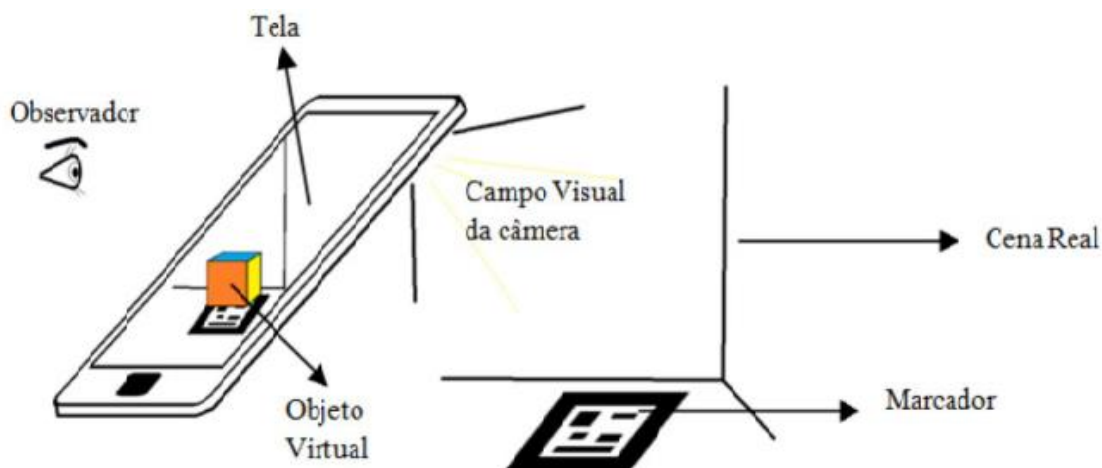
Sendo assim, o educador tem uma variedade de recursos para considerar o amplo desenvolvimento do conhecimento químico na perspectiva dos estudantes, podendo aprimorar o que ensina, já que tais recursos são capazes de ilustrar o que, talvez, não fosse possível de ser feito no quadro físico (LEITE, 2015). Portanto, partindo da definição do autor, os RDD desempenham função considerável no que diz respeito ao Ensino de Química, permitindo a interação dos discentes com ambientes novos de aprendizagem, podendo assim favorecer a construção do conhecimento, além de que afirmou Leite (2019), a utilização de RDD influencia decisivamente no modo que se constrói o conhecimento.

1.2.2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) possuem nomes parecidos, mas existe diferença entre eles, na literatura encontramos conceitos distintos para cada um. Segundo Anami (2013, p. 11) a RA se configura como “a impressão de elementos virtuais em ambientes reais, acrescentando informações ou dados ao mundo real” sendo ela uma variação da RV que “transporta o usuário a um ambiente completamente” (Anami, 2013, p. 12). Para Adams *et al.* (2013, p. 24), a RA “é uma tecnologia que permite que o mundo virtual seja misturado ao real, possibilitando maior interação e abrindo uma nova dimensão na maneira como as tarefas são executadas.”. Na visão de Leite (2020, p. 3), a RA é quando “utilizamos interações naturais e as informações virtuais em um mesmo espaço físico” e RV “depende de equipamentos de visualização (capacete, monitor, projetor etc.), normalmente utilizados em ambientes fechados”. A RA é uma tecnologia em crescente expansão, que trabalha renderizando objetos virtuais bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) permitindo o contato com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo (LEITE, 2020b).

A RA não substitui o mundo real pelo virtual, “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 uma representação de como ocorre o funcionamento da realidade aumentada em um dispositivo móvel (Figura 1).

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



Fonte: Macedo, Silva e Buriol (2016)

Na figura 1 é descrito, a partir de um dispositivo móvel e um marcador, que é a imagem de referência para a posição do objeto virtual, no campo de visão da câmera, o funcionamento da RA em um smartphone. Já existem tecnologias de RA que não necessitam de marcadores para a visualização dos objetos em 3D (SIMOES *et al.*, 2018). O funcionamento do sistema se dá ao posicionar o marcador no campo visual da câmera e através de um aplicativo que rastreia o marcador e projeta o objeto em 3D sobre a marca, podendo ser visualizado pelo observador pela tela do dispositivo.

A tecnologia em todos os âmbitos da sociedade e vida humana se apresenta como forma de proporcionar melhorias, na educação não é diferente, diversos instrumentos tecnológicos são desenvolvidos para tornar o processo de ensino e aprendizado mais inovador e significativo. De forma geral, na educação, a RA vem ganhando destaque, tendo grande potencial no âmbito educacional (HAMILTOM, 2011). O alto nível de interatividade proporcionado pela RA, pode promover um “aprimoramento do aprendizado, além de permitir mais engajamento dos estudantes” (Lopes *et al.*, 2019 p. 5). A RA é de grande valia na educação, pois possui a habilidade de mostrar objetos, com detalhes, ajudando na melhora da compreensão dos conceitos químicos, sem necessitar apenas da imaginação, por exemplo, em uma aula que seria totalmente expositiva, a RA pode auxiliar os professores, dando a eles a capacidade de abordar variados temas de forma diferente, criando um ambiente mais propício à aprendizagem, mais dinâmico e interativo (LEITE, 2020b). 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). Pedrosa e Zappala-Guimarães (2019) evidenciaram que a grande parte das opiniões dos usuários dessas tecnologias são positivas, enfatizando os benefícios. A introdução da RA e RV no contexto de sala de aula tem sido realizada através da incorporação como uma complementação do mundo real. Entretanto, não é suficiente apenas a interação com as tecnologias de RA e RV sem haver uma mediação clara do professor, que atue como orientador e com estratégias didáticas para a utilização destes recursos (LEITE, 2020b).

No Ensino de Química, a RA tem sido um instrumento significativo, devido à dificuldade de abstração, esse recurso tende a facilitar o entendimento de conteúdos, permitindo examinar objetos visuais mais realistas para ajudar na compreensão de conceitos científicos (SYAWALUDIN *et al.*, 2019). A visão que o estudante tem, da química abstrata pode ser minimizada, dado que, a RA pode facilitar o entendimento e a percepção de compostos químicos, átomos, moléculas e reações, proporcionando uma compreensão mais acessível e aprofundada desses conceitos. Isso, por sua vez, pode resultar em 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. Os aplicativos de RA podem ser utilizados nas aulas de Química melhorando ou amplificando a visão dos estudantes. As TDIC de RA tem se propagado no Ensino de Química, devido à disseminação dos dispositivos móveis (MAZZUCO, 2021).

Para o Ensino de Química podem ser utilizados aplicativos para vários conteúdos, dependendo da estratégia utilizada pelo professor. As vantagens da utilização da RA em sala de aula são inúmeras, incluem: engajamento, estímulo e motivação dos estudantes; possibilidade de execução e visualização de experiências não viáveis no mundo real e de conceitos abstratos; aperfeiçoamento da colaboração entre estudantes e educadores; estímulo à criatividade e imaginação; facilitação da participação dos estudantes no processo de aprendizagem, permitindo que adaptem o ritmo conforme necessário; criação de um ambiente de aprendizado autêntico, adaptado a diversos estilos de aprendizagem (Anami, 2013). O uso da RA como um recurso em sala de aula pode beneficiar os estudantes ao permitir a combinação de objetos do mundo real com o virtual, podendo interpretar os conceitos aprendidos e adquirir novas habilidades (FABRI *et al.*, 2008).

Destacamos alguns trabalhos voltados para o Ensino de Química utilizando a RA. Siedler e colaboradores (2022) apresentam o desenvolvimento e validação do aplicativo MolecuLAR, aplicativo digital que utiliza realidade aumentada para o ensino de ligações químicas, resultando em uma boa aceitação por parte do público que realizou o teste. Queiroz e colaboradores (2015), desenvolveram e avaliaram um software educativo para auxiliar no Ensino de Química, estudando as interações dos estudantes com o software. Já Leite (2020), realizou um levantamento na *Google Play Store* dos aplicativos de RA que estão disponíveis para serem usados no Ensino de Química, mostrando alguns pontos positivos e limitações da utilização dos *apps*. Almeida e Silva (2017) analisaram o uso da RA para o ensino de Isomeria, onde destacam a importância da RA no processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Mazzuco et al., (2021), para justificar a sua revisão de literatura, ele observou que não há revisões sistemáticas em relação ao uso da RA no Ensino de Química, nem análise de público-alvo e de tópicos que utilizam essa tecnologia, o que criou uma lacuna de conhecimento, necessitando de maior exploração nesta área, além de que a maioria dos trabalhos são voltados para a graduação, não para o ensino médio. Neste contexto, dada as lacunas e as potencialidades evidenciadas, é necessário que haja uma pesquisa sobre apps para utilização da RA no ensino de Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligações Químicas para estudantes do Ensino Médio, bem como a análise das impressões obtidas de estudantes a fim de evidenciar contribuições da aplicabilidade e relevância da RA no contexto do Ensino de Química.

1.3 APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA ATIVA

As TDIC estão presentes em diversos âmbitos na educação, assim como as Metodologias Ativas, se tornaram parte importante das práticas pedagógicas. Da junção entre as TDIC e as Metodologias Ativas surge o modelo da ATA (Aprendizagem Tecnológica Ativa), que consiste em “um modelo explicativo sobre como ocorre a incorporação das tecnologias digitais às Metodologias Ativas no processo de ensino e aprendizagem visando melhorar a performance do aluno, que assume o protagonismo de sua aprendizagem, com autonomia e comprometimento” (LEITE, 2018, p. 588). A ATA dá suporte às Metodologias Ativas se integrarem com as TDIC, esse modelo propõe que o estudante tenha controle de sua aprendizagem, acessando

conteúdos digitais (na nuvem) a qualquer momento, em qualquer lugar, em vez de depender exclusivamente do professor para seguir instruções (LEITE, 2018).

Segundo Leite (2018, p. 589) a “composição da ATA constitui-se de cinco pilares que são considerados necessários para o processo de ensino e aprendizagem de forma ativa.” Esses pilares são: 1) O papel docente; 2) O protagonismo do aluno; 3) O suporte das tecnologias; 4) A aprendizagem; 5) A Avaliação. No primeiro pilar, o professor assume o papel de orientador/mediador no processo de construção do conhecimento. O segundo pilar, se refere ao protagonismo do estudante, que se torna a figura central. O terceiro pilar, é o suporte das tecnologias, que significa a escolha dos recursos tecnológicos possibilitando novos caminhos para a aprendizagem. O quarto pilar diz como ocorre o processo de aprendizagem, que pode ter vários tipos de aprendizagem em diferentes situações, pois a “ATA não se restringe a um único modelo de Aprendizagem, nela várias aprendizagens podem ser utilizadas e misturadas” (LEITE, 2018, p. 591). E no quinto pilar, avaliação, é o professor que escolhe qual tipo de avaliação irá ocorrer.

De acordo com Leite (2018), a Aprendizagem individual (aquela que o aluno aprende de forma autônoma e pessoal), Aprendizagem colaborativa (em que favorece a colaboração entre pares, atingindo um determinado objetivo), Aprendizagem Social (em que o aluno aprende pela observação dos outros) e Aprendizagem Ubíqua (o aluno tem seu aprendizado ocorrendo a qualquer momento e em qualquer lugar), todas centradas no aluno (LEITE, 2018, p.591).

Diante do que foi exposto sobre a ATA é evidente que a sua utilização tem foco no estudante e na sua autonomia, os professores são agentes que intermediam a construção do conhecimento e os estudantes são agentes ativos nessa construção. As Metodologias Ativas desempenham esse papel em colocar o estudante como o foco do processo de aprendizagem. Elas dão destaque ao papel do aluno participativo e reflexivo em todas as etapas do processo (LEITE, 2018). Neste sentido, o professor que tem o papel de orientar, supervisionar e facilitar os processos de ensino e aprendizagem (LEITE, 2018), deve apresentar aos estudantes recursos didáticos que tornem a aula mais dinâmica. Um recurso que tem grande popularidade e está cada vez mais ligado à educação são os dispositivos móveis (DM) ou Tecnologias Móveis ou sem fio (LEITE, 2020a).

1.4 APRENDIZAGEM MÓVEL

Os ambientes virtuais de aprendizagem têm se diversificado, há dispositivos leves e ágeis que possibilitam o acesso a ambientes e recursos educacionais, hoje em dia não é mais necessário ter um computador para se ter a oportunidade de acessar tais recursos (MULBERT; PEREIRA, 2011). A Aprendizagem Móvel, *M-learning* ou *mobile learning*, segundo MOURA (2010) é a aprendizagem que utiliza dispositivos móveis tendo como característica fundamental a portabilidade dos dispositivos e a mobilidade dos sujeitos. Para Leite (2014, p. 59, ênfase do autor), a definição de aprendizagem móvel “pode ser ampliada para qualquer tipo de aprendizagem que ocorre quando o estudante não está em um local estático e estipulado [...] ou [...] quando o estudante ‘tira’ vantagem das oportunidades de aprendizagem oferecidas por tecnologias móveis”.

Há vantagens na utilização da aprendizagem móvel, podemos citar algumas como a possibilidade de interação (professor-aluno, aluno-aluno); desenvolver experiências de aprendizagem individual e trabalho coletivo; a portabilidade; realizar aprendizagem informal, a 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 dispositivos móveis no Ensino de Química, deve ser em um contexto metodológico, que integrem a aprendizagem tecnológica ativa. A aprendizagem móvel compreende o uso de dispositivos móveis, como *tablets*, telefones celulares, aparelhos de MP3 e MP4, dentre outros, em contextos educacionais. Segundo Araujo (2020, p. 69), com “a expansão e popularização das tecnologias móveis proporcionou um notável desenvolvimento de softwares para dispositivos móveis: os aplicativos”.

Não se pode negar que o *smartphone* é a tecnologia móvel mais utilizada pela população (LEITE, 2020), ele substituiu o despertador, agenda, até mesmo o computador. De acordo com Leite (2020, p.4) “os smartphones são os DM mais utilizados para acessar a internet, superando o computador” e nas salas de aulas, por muitas vezes tem sido proibido, mesmo ele sendo utilizado pelos estudantes. Dados de pesquisas da TIC Educação 2023 mostram o celular como o principal equipamento

utilizado para acesso à internet e 87,5% da população acessam a internet todos os dias pelo seu telefone celular (CETIC.br, 2023). Do ponto de vista pedagógico, os professores devem utilizar essa realidade para benefício dos estudantes, através de atividades adequadas e necessidades curriculares (MOURA, 2016). Embora existam escolas que proíbem o uso pedagógico do celular em sala de aula, segundo Araujo (2020), a proibição do uso dos celulares está sendo substituída por professores que se preocupam em planejar aulas e produzir materiais que agreguem o uso dos celulares.

Infelizmente, parece existir uma aparente lacuna entre a quantidade de tecnologias disponíveis na sala de aula e o uso que os professores fazem dela para fins educacionais (KOPCH, 2012 apud MOURA, 2016). Observamos que ainda há receios de usar os celulares dentro da escola, porém é possível aos professores deixarem “de ficar confinados apenas à sala de aula e ao livro didático, oferecendo acesso a materiais de ensino e aprendizagem independentemente do local e momento” (Bernardi, 2016, p. 18). Reis (2019, p. 3) afirma,

Os *smartphones*, desde o mais simples aos mais modernos, podem inserir aplicativos (via downloads) voltados para a educação. Cabe ao professor orientar o aluno para somente utilizar o *smartphone* em sala de aula e definir quais ferramentas oferecidas por esse dispositivo serão utilizadas (Reis, 2019, p. 3).

De acordo com Moura (2016, p. 83), é possível constatar que “os alunos preferem utilizar seus próprios *smartphones*”, por exemplo, em relação aos tablets disponibilizados na escola. Podemos inferir que a utilização dos seus próprios celulares dá ao aluno 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, 2020a). A variedade de aplicativos voltados para educação é vasta, é possível encontrar *Apps* com conteúdo para diversas áreas do conhecimento. Para a área química, podemos encontrar alguns, como: Aplicativos para resoluções de exercícios de química orgânica, tabela periódica, quiz de química, nomenclatura, entre outros (LEITE, 2020a). Alguns desses aplicativos utilizam a RA que possibilita a interação do virtual com o mundo real.

Por fim, vale esclarecer que só a utilização de um celular, não se caracteriza por aprendizagem móvel (LEITE, 2014). Não basta utilizar os celulares sem

planejamento, é preciso criar estratégias para a sua utilização. Então, desta maneira os celulares podem ser instrumento para a aprendizagem no Ensino de Química. Além disso, na Aprendizagem Móvel um dos maiores desafios é a formação docente, “pois é necessário que o professor perceba e se “ambiente” no mundo digital, a fim de que possa melhor compreender as potencialidades que representam para repensar os processos de ensino e aprendizagem” (Leite, 2020a, p. 18).

2 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 de natureza qualitativa tem por objetivo analisar os significados e interpretar os fenômenos, sendo que “os dados coletados nessas pesquisas são descritivos, retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.70). Portanto, utilizando os recursos da pesquisa qualitativa participante, de modo descritivo e interpretativo, iremos explorar os objetivos estabelecidos na introdução, avaliar o que se tem de teorias, no que diz respeito aos RDD, para que assim, se torne possível fornecer propostas, pautadas na metodologia estudada, com foco no aluno.

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. Dos 93 estudantes, 34 destes participaram da primeira estratégia didática e 59 da segunda estratégia didática. A escola em questão foi escolhida pelo fato da pesquisadora ter cursado seu estágio supervisionado obrigatório na instituição.

Para alcançar os objetivos propostos, cinco etapas foram desenvolvidas.

A primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento sobre os Recursos Didáticos Digitais (RDD) disponíveis para o Ensino de Química. 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 2023, a fim de verificar possíveis lançamentos/atualizações. 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, foram analisadas as possibilidades de implementação dos RDD no Ensino de Química (Etapa 2), especificamente a RA. Nesta etapa foram investigados os limites e as possibilidades dos RDD no que tange à identificação das teorias de aprendizagem subjacentes, da aprendizagem tecnológica ativa (LEITE, 2018), dos aspectos comunicacionais e do tipo de utilização no Ensino de Química. Esta etapa consistiu na análise teórica destas possibilidades de implementação, através dos estudos teóricos sobre a RA e análise dos aplicativos para a implementação na sala de aula para os conteúdos Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligações Químicas.

Na terceira etapa da pesquisa foram desenvolvidas propostas de uso da Realidade Aumentada. Nesta etapa, propostas de estratégias didáticas foram construídas para a implementação da RA no Ensino de Química, considerando as discussões observadas na literatura e das abordagens pedagógicas atuais. Serão desenvolvidas estratégias fundamentadas no modelo da ATA para escolas do ensino básico, no intuito de avaliar as contribuições do modelo da ATA utilizando a RA.

Após a elaboração das estratégias, a quarta etapa buscou validar a implementação dos RDD. Nesta etapa, os aplicativos de RA foram aplicados em sala de aula, considerando as duas estratégias desenvolvidas na etapa anterior (Etapa 3), consistindo em duas sequências didáticas com conteúdos distintos de Química. As duas sequências didáticas foram divididas em três momentos.

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 5).

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 sequência didática.

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 (2024)

Na estratégia 2, o questionário 2 investigou 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 (2024)

A análise dos questionários foi realizada interpretativamente, baseada nas respostas dos participantes, extraídas do questionário. Na análise, 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, os participantes dos grupos poderiam migrar para outros grupos, não sendo os grupos fixos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a pesquisa foram realizados estudos teóricos sobre a ATA e os RDD, por meio das discussões no grupo de pesquisa LEUTEQ e leituras individuais. Estes momentos contribuíram para o entendimento de maneira significativa da utilização da ATA e dos RDD no Ensino de Química. Os estudos teóricos individuais foram de grande importância para a compreensão das teóricas aplicadas às Tecnologia Digitais da Informação e Comunicação na educação de maneira geral, como também as aplicações dos RDD, que podem ser utilizados de maneira eficaz se inseridos através de Metodologias Ativas. Os estudos teóricos contribuíram para que através desses conhecimentos pudéssemos ter base suficiente, para propor estratégias que pudessem alcançar os objetivos propostos. As discussões no grupo de pesquisa, de maneira análoga aos estudos teóricos, foram de grande importância.

3.1 LEVANTAMENTO DOS RECURSOS DIDÁTICOS DIGITAIS

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-chave (Química realidade aumentada, Realidade Aumentada em Química, RA Química e Química Aumentada) 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
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.

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.
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.
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	Apresenta um pouco de dificuldade na navegação. Não

					pouco mais complexas. O idioma utilizado é o inglês, o que dificulta um pouco o entendimento.	necessita de marcadores.
Químico AR (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.
Química Aumentada	17,91 MB	+10	Gratuito	O 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.

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Os aplicativos disponibilizados no Quadro 3 foram analisados em que algumas impressões foram observadas:

1. Química Aumentada – Aplicativo em português, de fácil manuseio. Sistema operacional Android 7.1 e versões mais recentes aceitam o app. Utiliza RA e 3D para apresentar modelos atômicos, geometria molecular e os elementos da tabela periódica. É possível dar zoom e girar o elemento.

2. RappChemistry: Ar – Apresenta os elementos da tabela periódica em RA e 3D. É de fácil entendimento, mesmo não sendo em português.
3. ARC – Aplicativo em inglês, mas de fácil entendimento. Apresenta apenas 3 moléculas e as reações que ocorrem entre elas.
4. Edarch – O aplicativo mostra as reações acontecendo em RA. É simples de usar. O idioma utilizado é o Português. O acesso ao link para o download é difícil e há apenas reações de substituição.
5. ModelAR – O aplicativo apresenta alguns elementos da tabela periódica (C, N, O, S, Cl, Br) e possibilita que façamos ligações entre eles. É um pouco mais complexo do que os outros apps, mas oferece várias possibilidades de formarmos moléculas, mesmo com poucos elementos disponíveis. Esse app não necessita de Card.
6. AR VR Molecules Editor Free – Aplicativo em RA, RV e 3D. O aplicativo oferece várias opções de moléculas orgânicas e inorgânicas, quem estiver utilizando o app pode escolher a forma que quer ver as moléculas, movimentá-las e saber mais sobre elas. O aplicativo é em inglês, o que dificulta um pouco o entendimento e alguns recursos são pagos.
7. QUIMICAR (Augmented Class) – Aplicativo de realidade aumentada, apresenta os átomos de H, O e as moléculas CH₄ e O₂ e as reações que acontecem entre eles. Com apenas um comando é possível a sua utilização. Utiliza marcadores, porém tem poucos elementos químicos disponíveis.
8. Atom Visualizer – Apresenta o átomo com o modelo atômico mais atual, contém todos os elementos da tabela periódica, e fornece a opção de ver as informações sobre os elementos no Wikipédia. Não precisa de marcadores e sua utilização é fácil e rápida.
9. CHEM AR4 – Aplicativo de realidade aumentada para a visualização de grupos funcionais, podendo mexer, girar, aumentar. Fácil navegação, precisa de muitos marcadores.
10. Chemistry AR – Aplicativo de realidade aumentada que apresenta reações iônicas e covalentes, fácil de usar, tem apenas 6 elementos disponíveis (H, K, O, Cl, Na).

3.2 ESCOLHA DOS APLICATIVOS

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 apresentavam mais clareza visual, facilidade na navegação e que não necessitasse de marcadores ou utilizavam poucos marcadores, de modo que pudessem ser aplicados em sala de aula. Desse modo, dos dez aplicativos identificados no Quadro 3, quatro foram escolhidos (Química Aumentada, Atom Visualizer, Chemistry AR e QuímicoAr), uma vez que contemplavam os critérios descritos e que poderiam ser utilizados no Ensino de Química. Os 4 aplicativos escolhidos apresentavam clareza visual, pois as informações e os comandos disponíveis pelos aplicativos eram fáceis de serem entendidos e executados, não necessitavam de vários comandos para executar suas funções, e todos eles necessitavam de poucos marcadores, exceto o Atom Visualizer, que não necessitava de marcador. Na análise dos aplicativos selecionados se observou também que estes poderiam contemplar os conteúdos de Modelos Atômicos, Tabela Periódica e Ligação Química. Assim, as duas estratégias didáticas propostas foram baseadas nos conteúdos presentes nos aplicativos.

De modo a investigar os limites e as possibilidades dos RDD (Etapa 2), em especial os aplicativos de RA, optou-se em identificar aspectos comunicacionais e do tipo de utilização dos aplicativos no Ensino de Química.

No Ensino de Química, a maior dificuldade apresentada pelos estudantes é de imaginar conceitos que precisam de abstração tridimensional (CAI *et al.*, 2014). Essa dificuldade pode ser atribuída à necessidade de associações entre as três dimensões que envolvem o conhecimento desta ciência: microscópica, macroscópica e simbólica (NICHELE *et al.*, 2020). A química é uma ciência que recorre a percepção dos estudantes para a exemplificação de conceitos que são relevantes, e muitas vezes é extremamente difícil a sua compreensão. Esses conceitos envolvem tópicos complexos, como “Estruturas Moleculares”, “Ligações Químicas”, “Geometria Molecular” e “Quiralidade Molecular” (MAZZUCO *et al.*, 2021).

Destarte, se notou uma predominância nos aplicativos de RA em abordar conteúdos sobre moléculas orgânicas, tabela periódica e modelos atômicos, então se optou por utilizar aplicativos de realidade aumentada que envolvam os conceitos de

modelos atômicos, tabela periódica e ligações químicas, com o objetivo de proporcionar uma maior compreensão dos conteúdos. Sabendo que os conceitos abordados nas aulas serão utilizados posteriormente como base para outros assuntos, entendemos a importância de se ter essa compreensão mais real e amplificada dos conceitos do átomo, das ligações e moléculas.

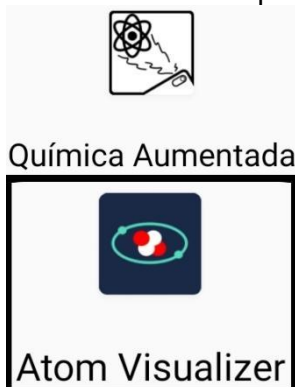
3.3 APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS

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 uma sequência didática.

3.3.1 Primeira Estratégia Didática

A primeira estratégia didática proposta teve como foco abordar o conteúdo sobre modelos atômicos e tabela periódica utilizando dois aplicativos de RA: o Química Aumentada e Atom Visualizer (Figura 2). 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.

Figura 2: Aplicativos utilizados na primeira estratégia



Fonte: Química Aumentada e Atom Visualizer (2024)

No primeiro momento, a sala foi organizada 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 estudantes que realizassem o download dos apps (Química Aumentada e Atom Visualizer) e que se dividissem em quatro

grupos. O grupo 1º, que ficou com o modelo proposto por Dalton contabilizou 9 estudantes, o grupo 2º que ficou com o modelo de Thomson, contabilizou 8 estudantes, o 3º grupo que ficou com o modelo proposto por Rutherford, contabilizou 7 estudantes, já o 4º grupo que ficou com o modelo proposto por Bohr contabilizou 10 estudantes. Se optou por apresentar, inicialmente, *slides* para apresentar os conceitos que seriam abordados. O aplicativo “Química Aumentada” foi usado neste momento 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).

Quadro 4 – Questões propostas para resolução dos grupos

Modelo analisado	Estudantes	Questões
G1 - Modelo proposto por Dalton	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 e E9	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	E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17	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	E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24	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	E25, E26, E27, E28, E29, E30, E31, E32, E33, E34	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: Dados da pesquisa.

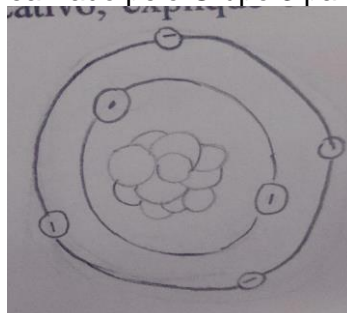
As perguntas e respostas foram debatidas entre os participantes dos grupos e posteriormente entregue em uma folha à professora. Os quatro grupos puderam considerar as respostas com o auxílio do aplicativo “Química Aumentada”. O grupo 1, que ficou com o modelo proposto por Dalton, respondeu para a primeira 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). E na terceira questão, comentaram um pouco 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.

Já o grupo 2, que ficou com o modelo proposto por Thomson, respondeu para a primeira questão que o cientista "acreditava que o átomo era constituído por uma parte negativa (elétron) incrustada na parte positiva" (G2), em relação à segunda pergunta eles explicaram: "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, descreveram um pouco sobre os outros cientistas.

O G3, para a primeira indagação, respondeu: "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 (figura 3). E para responder à terceira indagação, fizeram 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" (G3).

Figura 3: Desenho realizado pelo Grupo 3 para a segunda questão



Fonte: Grupo 3

Por fim, o grupo 4, que discutiu sobre o modelo proposto por Bohr, relatou: "Para Bohr o átomo era um núcleo menor e os elétrons positivos que o rodeavam em lugares específicos" (G4). Na segunda questão, explicaram que visualizaram no aplicativo: "Uma esfera, com vários elétrons girando ao redor" (G4). E na terceira questão responderam: "Bohr foi o único cientista da época que encontrou o que faltava no modelo atômico dos outros cientistas" (G4).

Quanto às respostas entregues pelos grupos, sobre o conteúdo estudado de Modelos Atômicos, foram satisfatórias, de conformidade com a referência literária de Melzer e Aires (2015), onde apresentam um recorte da teoria atômica, detalhando os acontecimentos vividos pelos cientistas Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, estudados na pesquisa.

Após as discussões, 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 momento os estudantes assistiram o vídeo “Entenda a TABELA PERIÓDICA” disponível no site Toda Matéria (<https://youtu.be/Vsnq2hJ2UZc?si=rpXOU06xralGqhzV>) 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? Alguns estudantes neste momento manifestaram suas ideias, podendo destacar algumas respostas: “Não sabia que a tabela periódica tinha tantas informações” (E25) e “legal ver a história da tabela periódica” (E33). Os estudantes conheciam poucos elementos, aqueles que são mais falados no dia a dia, como por exemplo hidrogênio, oxigênio, carbono, cloro, muitos desconheciam a quantidade de elementos existentes, um deles comentou: “São

muitos elementos, nem sabia o nome deles” (E10). E assim seguiu a discussão. Após a roda de conversa, foi reforçado alguns conceitos expostos no vídeo com o auxílio do aplicativo Química Aumentada, para que os estudantes pudessem se apropriar sobre a organização dos Elementos Químicos na tabela periódica, sua importância, suas propriedades, sua estrutura, seus orbitais e sua configuração eletrônica. Posteriormente, houve um momento para que os estudantes pudessem tirar dúvidas do conteúdo ou das atividades das aulas anteriores. 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 na atividade anterior, em que o professor atuou como mediador (conforme os preceitos da ATA).

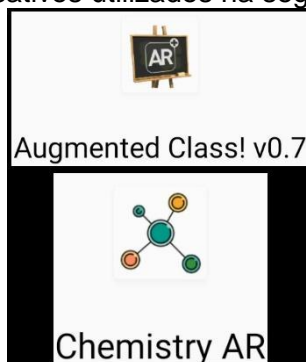
No terceiro encontro, foi realizada a culminância da sequência didática proposta para a estratégia 1, que consistiu em um experimento realizado no laboratório para que os estudantes pudessem observar e experienciar na prática o que estudaram durante a atividade. O experimento visou mostrar como a excitação 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 foram realizados pela professora, durante o experimento foram levantados, por exemplo, “Por que há diferentes cores nas chamas do experimento?” (P), 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?” a professora também questionou, 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.

3.3.2 Segunda Estratégia Didática

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 4). A sequência didática foi dividida em 3 momentos pedagógicos com duração de 50min cada e participaram 59 estudantes do 1º ano do ensino médio.

Figura 4: Aplicativos utilizados na segunda estratégia



Fonte: Augmented Class e Chemistry AR (2024)

No primeiro momento da estratégia 2, os aplicativos Chemistry AR e QuimicAR foram apresentados aos estudantes e solicitado que realizassem o download em seus dispositivos móveis. Em seguida, se realizou 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 pela professora, 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”?

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.

Para o segundo momento, 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 tenha a capacidade de reconhecê-los. Neste experimento foi utilizado um condutivímetro (mede a condutividade elétrica) (ANJOS, 2023) e materiais que no dia a dia dos estudantes 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, alguns de 3 pessoas, outros de 4 pessoas para realizarem uma atividade utilizando os dois aplicativos. A atividade apresentava três questões para serem respondidas, como mostra o quadro 5.

Quadro 5 - Exercício em grupo

ATIVIDADE
1 – Quais as moléculas e os tipos de ligações que você encontrou nos apps?
2- Baseando-se no conhecimento adquirido até agora, explique por que uns materiais conduzem corrente elétrica e outros não.
3- Como as diferenças de intensidade de brilho da lâmpada podem ser explicadas?

Fonte: elaboração pelos autores (2024)

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. As respostas dos grupos G1, G2, G5, G7, G10, G11 e G14 foram respondidas corretamente, alguns grupos não colocaram todas as moléculas, porém as respostas foram satisfatórias, segue algumas delas, “H₂O - Covalente e NaCl - iônica” (G1) e “NaCl ligação iônica” (G7). Para a segunda questão, obteve-se respostas distintas, como pode-se 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). Algumas respostas foram dadas pela observação do experimento, “Água com sal conduz corrente elétrica, já a água com açúcar não conduz” (G4). Quanto à terceira indagação, obtivemos as seguintes respostas: “A intensidade da luz muda de acordo com a quantidade de íons” (G1), “Por causa da liberação de íons”

(G5), “Por conta dos íons, quanto mais íons têm, maior a intensidade da lâmpada” (G14).

No terceiro momento da estratégia 2, aconteceu a culminância da sequência didática através da apresentação de um vídeo intitulado “Ligações químicas: tipos e características” do canal toda matéria (disponível em: <https://youtu.be/FDnxddw0P1g?si=-jPHs8SgmGpa1zy>). O vídeo apresentou alguns conceitos vistos durante a sequência 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 momentos da estratégia 2. Por fim, os estudantes responderam ao questionário (Quadro 2), apresentando suas impressões sobre os aplicativos de RA utilizados.

3.4 IMPRESSÃO DOS ESTUDANTES SOBRE OS APPS DE REALIDADE AUMENTADA

Com base nas respostas obtidas nos dois questionários aplicados, nesta seção serão apresentadas as principais impressões dos estudantes.

3.4.1 Primeiro Questionário

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 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).

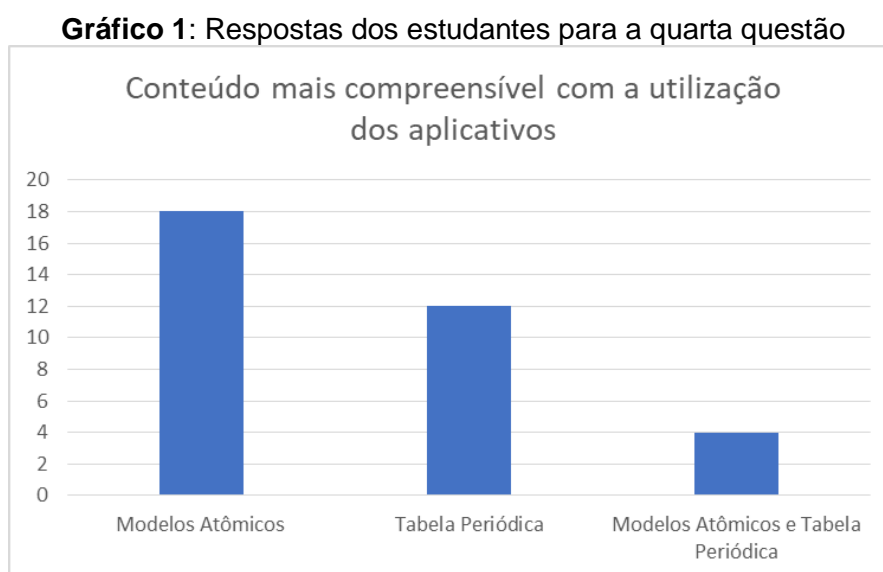
No que diz respeito à segunda pergunta (Você achou interessante a utilização de aplicativos de Realidade Aumentada para o ensino de Tabela Periódica?), os estudantes apontaram que o app sobre tabela periódica permitiu “ver o assunto de maneira diferente” (E4) e que “...é mais divertido e chama atenção” (E8). Alguns participantes demonstraram que a utilização do *app* de RA os ajudara 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 (Gráfico 1).



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

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, p. 1), “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?) (Gráfico 2).

Gráfico 2: Respostas dos estudantes para a quinta questão



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

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).

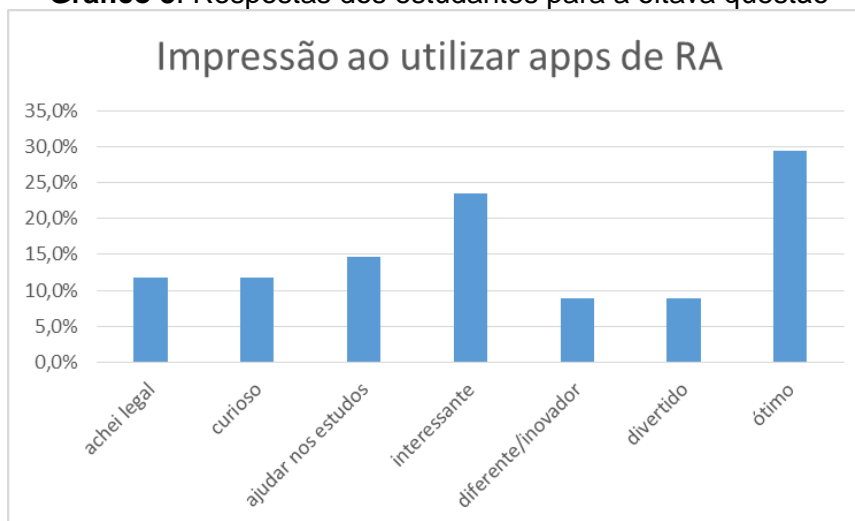
Na sexta pergunta (Você já tinha utilizado algum aplicativo de realidade aumentada? Se sim, qual?), dos 34 que participaram da pesquisa, apenas 3 (8,8%) deles já tiveram contato com a realidade aumentada, dois utilizaram em um shopping da cidade, mas não tinham certeza se era um aplicativo de RA, e o terceiro utilizou a câmera do 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 (ALZHRANI, 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, 2020b). 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. Araújo afirma que a utilização da RA permite a interação e motivação dos estudantes, como também facilita o processo de visualização das ligações. (ARAÚJO, 2009).

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 (Gráfico 3).

Gráfico 3: Respostas dos estudantes para a oitava questão

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

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 estudantes 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, 2020b) e o desenvolvimento de habilidades espaciais (MAIER; KLINKER, 2013; EWAIS; TROYER, 2019; LEITE, 2020b). Segundo Locatelli *et al.* (2015, p. 2), “a química se caracteriza com uma ciência experimental apresentando conteúdos abstratos e de difícil compreensão e visualização por parte dos estudantes. 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.

3.4.2 Segundo Questionário

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, foram predominantes as palavras diferente, novo, interessante e divertido para se referir ao uso da tecnologia de RA. Segundo Leite (2018), 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% responderam 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 à 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, 2020b), 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 aproximasse 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 à 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 (gráfico 4).

Gráfico 4: Respostas dos estudantes para a quarta questão



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

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 QuímicoAR (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” e que “é bem interessante esse tipo de tecnologia pra se usar em química” (E27). Outros adjetivos foram usados, como para E8, “fiquei impressionado” e “foi uma experiência diferente” (E9). “Essas mudanças estão essencialmente relacionadas à capacidade da RA conceber ambientes de convivência entre realidade e virtualidade, permitindo que os estudantes vivenciem fenômenos, que de outras formas seriam impossíveis de serem experimentados” (MAZUCCO et al. 2021, p. 403). Portanto, as tecnologias e principalmente a RA pode começar a ter mais espaço em ambientes educacionais, proporcionando mais conhecimento 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 aluno inserir objetos virtuais representativos de átomos, moléculas, íons bem como animações envolvendo transformações químicas sobre objetos reais e ter uma melhor compreensão da constituição da matéria e das transformações sofridas pelos materiais a nível molecular” (CAI et al. 2014, p. 31 apud REIS, 2019).

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 conseqüentemente 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), “Sim, pois acaba mostrando que o uso do celular não é só para lazer, mas aprendizagem também” (E32) e “Sim, em pleno século 21. Temos recursos bem mais avançados para uma aprendizagem mais fácil e ampla” (E49). Por outro lado, alguns estudantes demonstraram preocupação com o acesso ao celular: “O uso do celular é bom, porém tem que ver a condição dos estudantes, 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

A pesquisa apresenta um levantamento de aplicativos de realidade aumentada no *Google Play*, aplicação de estratégias desenvolvidas a partir deste levantamento e o resultado e análise desta aplicação. Diante disto, é possível afirmar que a utilização da RA se revelou positiva, oportunizando aos estudantes uma aula diferenciada, despertando neles curiosidade e participação ativa durante os momentos pedagógicos.

Observou-se que a contribuição da tecnologia RA para o entendimento e compreensão dos conceitos mencionados durante as aulas foi significativa, podendo ser utilizado como recurso didático digital dentro das escolas a partir de propostas pedagógicas. Algumas dificuldades encontradas como a má operação dos aplicativos em alguns celulares, não prejudicou totalmente o objetivo da pesquisa, porém há possibilidade de posteriormente os *apps* utilizados não estejam mais funcionando em diversos *smartphones* devido às atualizações que as plataformas de aplicativos realizam, por exemplo, a *Google Play*® limita os aplicativos a uma determinada configuração no sistema *Android*. Desse modo, é importante realizar periodicamente um levantamento dos aplicativos de RA, para que sejam utilizados estrategicamente nas salas de aulas.

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 (2021c, p. 60), que aponta, 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”.

A partir dos resultados observados da pesquisa foi possível inferir que é viável e necessário realizar estudos e desenvolver estratégias pedagógicas baseadas nos pressupostos da ATA, pois a partir do uso deste modelo, que realiza a integração entre as tecnologias digitais com as metodologias ativas, foi possível notar a contribuição para os processos de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, L.; TREVISAN, T. B.; FILHO, P. L. P.; SCHUTZ, F.; SILVA, H. P. Estudo de Realidade Aumentada Através da Biblioteca ARTOOLKIT. **Recit: Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 1, p.24-27, 2013.
- ALMEIDA, S. H.; SILVA, C. C. Contribuições da Realidade Aumentada para o Ensino de Química no Ensino Médio do IFG campus Jataí. In: XIV Semana de Licenciatura, 9^o., 2017, Jataí. **Anais...** Jataí, GO: IFG, 2017.
- ANAMI, B. M. **Boas práticas de realidade aumentada aplicada à educação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Ciências da Computação - Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR, 2013.
- ANJOS, D. S. **Análise microbiológica e físico-química da água de poços artesiano que abastecem moradores da zona rural do município de Itabaiana, Sergipe**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2023.
- ARAÚJO, D M. Uso de realidade aumentada como ferramenta complementar ao ensino das principais ligações entre átomos. **Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**, 6, 28-30, Pôsteres do WRVA 2009.
- ARAUJO, T. O. Tecnologias móveis na educação: reflexões e práticas. **LínguaTec**, v. 5, n. 1, p. 59-80, jun. 2020.
- ASSAI, N. D. S.; GALVÃO, J. C. R.; DELAMUTA, B. H.; BERNADELLI, M. S. Funções químicas no 9ºano: proposta de sequência didática e uno químico. **Revista Valore**, v. 3, p. 454-465, 2018.
- BERNARDI, Cintia Melo. **Ensino e aprendizagem de química: uma investigação sobre a prática pedagógica na perspectiva do mobile learning**. 2016. 35 f. Monografia (Especialização em Ensino e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular** – Documento final. Brasília: MEC - Ministério da Educação, 2018.
- 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.
- CANTINI, M. C.; BORTOLOZZO, A. R. S.; FARIA, D. S.; FABRICIO, F. B. V.; BASZTABIN, R.; MATOS, E. O Desafio do Professor Frente as Novas Tecnologias. In: VI Educere - Congresso Nacional de Educação - PUCPR - **Práxis**, 2006.
- CASTRO, G. A. M.; SANTO, C. F. A. E.; BARATA, R. C.; ALMOULOUD, S. A. Desafios para o professor de ciências e matemática revelados pelo estudo da BNCC do ensino médio. **REVEMAT**, v. 15, p. 1-32, 2020.
- CETIC.BR. Pesquisa TIC Domicílios, 2016.
- 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.
- CHER, G. G.; OLIVEIRA, T. A. L.; SCAPIN, A. L.; SILVEIRA, M. P. Estudo dos polímeros em uma perspectiva CTSA: desenvolvendo valores por meio do tema “química dos plásticos”. **Revista Valore**, v. 3, p. 14-25, 2018.

DELAMUTA, B. H.; ASSAI, N. D. S.; SANCHEZ JÚNIOR, S. L. O Ensino de Química e as TDIC: uma revisão sistemática de literatura e uma proposta de webquest para o ensino de Ligações Químicas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e149996839, 2020.

EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Computadores em Educação Química: Estrutura Atômica e Tabela Periódica. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 835-840, 2000.

EWAIS, 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.

FABRI, D.; FALSETTI, C.; LEZZI, A.; RAMAZZOTTI, S.; VIOLA, S.; LEO, T. (2008). Virtual and augmented reality. In H. Adelsberger, Kinshuk, J. Pawlowski & D. Sampson (Eds.) **Handbook on Information Technologies for Education and Training** (pp. 113-132). Berlin: Springer.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. . Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, nov., 2006.

FERREIRA, L. H.; CORREA, K. C. S.; DUTRA, J. L. Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da Tabela Periódica. **Química Nova na Escola (Impresso)**, v. 38, n. 4, p. 349-359, nov. 2016.

HAMILTON, K. E. Augmented reality in education. Proc. SXSW **Interactive**, 2011.

LEITE, Bruno Silva. M-learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S.l.], v. 22, n. 03, p. 55, dez. 2014.

LEITE, B. S; LEÃO, M. B. C. Contribuição da Web 2.0 como ferramenta de aprendizagem: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. v. 8, n. 4, p. 288-315, 2015.

LEITE, B. S. Tecnologias no Ensino de Química: teoria e prática na formação docente. 1 ed. Curitiba: **Appris**, 2015. 365p.

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

LEITE, B. S. O ano internacional da tabela periódica e o Ensino de Química: das cartas ao digital. **Química Nova (Online)**, p. 702-710, 2019a.

LEITE, B. S. Tecnologias no Ensino de Química: passado, presente e futuro. **Scientia Naturalis**, v. 1, p. 326-340, 2019b.

LEITE, B. S. Aplicativos para aprendizagem móvel no Ensino de Química. **Ciências em Foco**, Campinas, SP, v. 13, p. e020013, 2020a.

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

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, 2020c.

LEITE, B. S. Pesquisas sobre as tecnologias digitais no Ensino de Química. **Debates em Educação**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 244–269, 2021a.

LEITE, B. S. Tecnologias digitais e Metodologias Ativas: Quais são conhecidas pelos professores e quais são possíveis na educação?. **VIDYA** (SANTA MARIA. ONLINE), v. 41, p. 185-202, 2021b.

LEITE, B. S.. A aprendizagem tecnológica ativa em publicações no ensino das Ciências e Matemática: uma visão geral da incorporação das metodologias ativas às tecnologias digitais. **Revista de Investigação Tecnológica em Educação em Ciências e Matemática**, v. 1, p. 54-79, 2021c.

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.

LOPES, L. M. D.; VIDOTTO, K. N. S.; POZZEBON, E.; FERENHOF, H. A. Inovações educacionais com o uso da Realidade Aumentada: Uma revisão sistemática. **Educação Em Revista (Online)**, v. 35, p. 1-33, 2019.

MACEDO, A. C.; SILVA, J. A.; BURIOL, T. M. Usando Smartphone e Realidade aumentada para estudar Geometria espacial. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

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.

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. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 19, n. 1, p. 402-412, 2021.

Melo, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem de Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola (Impresso)**, v. 35, p. 112-122, 2013.

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 (Online)**, v. 11, p. 62-77, 2015.

Merino, C.; Bernal, S.; Gallardo, F.; VENDRASCO, N. C.; STRUCHINER, M. O ensino do modelo atômico de Borh em livros texto e uma nova proposta com realidade aumentada para promover a visualização. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, p. 249, 2018.

MESQUITA, J. M.; MESQUITA, L. S. F.; BARROSO, M. C. S. Softwares educativos aplicados no Ensino de Química: Recursos didáticos potencializadores no processo de aprendizagem. **Research, Society and Development**, v. 10, p. 1-8, 2021.

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.

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

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, p. 75 - 94

MUCIN, D.; GUERRINI, D. **As Tic no Documento Bncc: a Química nesse contexto**. 2019, 43 f. TCC (Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná,

Londrina, 2019.

MÜLBERT, A. L.; PEREIRA, A.T. C. Um panorama da pesquisa sobre aprendizagem móvel (revisão sistemática da literatura). In: **V Simpósio ABCiber**, 2011.

NICHELE, A. G.; DO CANTO, L. Z.; DA SILVA F. N. Augmented Reality: Apps for Teaching and Learning Chemistry. In 14th International Technology, **Education and Development Conference**, p. 7650-7655, 2020.

NUNES, A. S.; ADORNI, D. S. O Ensino de Química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos.. In: **Encontro Dialógico Transdisciplinar** - Enditrans, 2010, Vitória da Conquista, BA. - Educação e conhecimento científico, 2010.

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.

PINHEIRO, G. S. **Mistério Sustentável**: Proposta de um Jogo para o Ensino de Química na Era Digital. 2023. 35 f. TCC (Graduação - Curso de Química) - Unidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2024.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. – Novo Hamburgo: **Feevale**, 2013.

QUEIROZ, A. S.; DE 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, mar. 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.

ROCHA, C.; BORDIGNON, A. P.; BÜTTENBENDER, M. D.; GONÇALVES, V. D. O.; SILVA, F. F. Construção da Tabela Periódica: uma alternativa no Ensino de Química. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2020.

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

SANTOS, B. C. D.; FERREIRA, M. Contextualização como princípio para o Ensino de Química no âmbito de um curso de educação popular. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.13, n. 5, 2018.

SIEDLER, M. S.; CARDOSO, R. C.; LACERDA, B. S.; GOLDANI, B. S. Molecular um aplicativo baseado em realidade aumentada destinado ao ensino de ligações químicas. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre ensino tecnológico**, v. 8, p. 1-19, 2022.

SILVA, A. M. Proposta para Tornar o Ensino de Química mais Atraente. **RQI**, n 731, 7-12, 2011a.

SILVA, F. E. **A Interdisciplinaridade nos livros de Química no Ensino Médio**. 2011. Monografia (Curso de Licenciatura em Química) - Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2011b.

SILVA, T. S.; SOUZA, J. J. N.; FILHO, J. R. C. Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de química. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 12, n. 2, p. 104-117, 2017.

SILVA, K. K.; FARIAS FILHO, T. F.; ALVES, L. A. Ensino de Química: O que pensam os estudantes da escola pública. **Revista Valore**, v. 5, p. e5033, 2020.

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.

SILVA, K. K.; FARIAS FILHO, T. F.; ALVES, L. A. Ensino de Química: O que pensam os estudantes da escola pública. **Revista Valore**, v. 5, p. e5033, 2020.

SIMÕES, F.; LIMA, J. P.; TEICHRIEB, V.; KELNER, J.; SANTOS, I. Realidade Aumentada sem Marcadores Baseada na Amostragem de Pontos em Arestas. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2008, Bauru. **Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**, 2008.

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

SOARES, M.; MESQUITA, N. A. S.; REZENDE, D. B. O Ensino de Química e os 40 anos da SBQ: o desafio do crescimento e os novos horizontes. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 1-12, jul., 2017.

SYAWALUDIN, A.; GUNARHADI, G.; RINTAYATI, P. Enhancing elementary school students' abstract reasoning in science learning through augmented reality-based interactive multimedia. **Journal Pendidikan IPA Indonesia**, p. 288-297, 2019.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; ARROIO, A. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no Ensino de Química. **Química Nova**, v. 36, p. 1242-1247, 2013.

WATANABE, A.; BALDORIA, T.; AMARAL, C. L. C. O vídeo como Recurso Didático no Ensino de Química. **Renote - Revista Novas Tecnologias Na Educação**, v. 16, p. 1-10, 2018.

PEDROSA, S. M. P. A.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M.A. . Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. **Educação e Cultura Contemporânea**, v. 16, p. 123-146, 2019.

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