

USO DA REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL NO ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Data de aceite: 01/12/2023

Glaylton Batista de Almeida

Universidade Federal do Ceará
Crateús – CE
<http://lattes.cnpq.br/5975856540837350>

Luciana de Lima

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/2967595851995266>

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

Universidade Federal do Ceará
Sobral – CE
<http://lattes.cnpq.br/0512183585660835>

RESUMO: Vários estudos têm relado entraves no que diz respeito à compreensão da disciplina de Química. Dessa forma, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) declara que as tecnologias podem ser configuradas como ferramentas para a construção do conhecimento em sala de aula. Uma dessas tecnologias em ascensão na literatura é o uso da Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) que possuem a capacidade de tornar assuntos abstratos mais perceptivos aos sentidos do usuário. Nessa perspectiva, o objetivo desse trabalho é realizar uma revisão sistemática a partir de estudos empíricos sobre o uso dessas tecnologias

no ensino de química no Brasil no período de 2015 à 2021. Com isso pretende-se fornecer uma visão geral de como a RA e RV têm sido exploradas, destacando aspectos positivos e negativos de sua implementação, e buscando relações com alguma fundamentação pedagógica e com o desenvolvimento de competências e habilidades disponíveis pela BNCC. Os resultados mostram que essas ferramentas se utilizadas de forma correta podem trazer diversos benefícios para a aprendizagem nas aulas de química. Porém, apesar do crescente número de publicações realizadas sobre a temática nos últimos anos, ainda não há uma difusão de forma homogênea desses estudos pelas regiões do país.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada. Realidade Virtual. Ensino de Química.

THE USE OF AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY IN CHEMISTRY TEACHING IN BRAZIL: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Several studies have reported obstacles in terms of understanding the discipline of Chemistry. In this way, the National Curricular Common Base (BNCC)

declares that technologies can be configured as tools for the construction of knowledge in the classroom. One of these technologies on the rise in the literature is the use of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) that have the ability to make abstract subjects more perceptible to the user's senses. Given the above, the objective of this work is to carry out a systematic review based on empirical studies on the use of these technologies in the teaching of chemistry in Brazil. With this, we intend to provide an overview of how AR and VR have been explored, highlighting positive and negative aspects of their implementation, and seeking relationships with some pedagogical foundation and with the development of skills and abilities available by the BNCC. The results show that these tools, if used correctly, can bring several benefits to learning in chemistry classes. However, despite the growing number of publications on the subject in recent years, there is still no homogeneous diffusion of these studies across the regions of the country.

KEYWORDS: Augmented Reality. Virtual reality. Chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

As tecnologias estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, impactando diretamente na forma como nos comunicamos e conseqüentemente, na forma como obtemos conhecimento. Diante disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que define as “aprendizagens essenciais” que devem ser desenvolvidas na Educação Básica, dedica em seu texto uma parte para falar exclusivamente sobre os avanços das tecnologias da educação. O documento considera as tecnologias digitais como potenciais ferramentas para o desenvolvimento de atividades nas diversas áreas do conhecimento, nas práticas sociais e no mundo do trabalho (Brasil, 2016).

A BNCC declara que o aluno do Ensino Médio deve compreender os fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos e, para isso, a escola deve fazer com que o aluno compreenda e utilize conceitos de cunho científico e tecnológico, domine a linguagem científica e consiga aplicar o que aprendeu (Brasil, 2016). Diante desse cenário, faz-se necessária a inclusão de novas tecnologias no contexto educacional que possam contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências, para que dessa forma o aluno possa aplicar o que foi construído em sala de aula em outros momentos de sua vida.

Uma dessas tecnologias que têm sido muito utilizadas recentemente é a Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Segundo Filho e Dias (2019) por terem um grande potencial inovador no qual é possível a realização de diversas simulações imersivas tridimensionais, essas tecnologias podem ser configuradas como uma ferramenta educacional, gerando mais engajamento e motivação dos alunos, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais significativo.

Nesse contexto, podemos explorar a utilização desses recursos na disciplina de Química, visto que, trata-se de um componente curricular que possui assuntos com elevado nível de abstração, que requer do aluno algumas habilidades, como por exemplo,

a habilidade visuoespacial, que de acordo com Gilbert et al. (2008), trata-se de uma representação interna construída através de algo externo, essencial para a compreensão de modelos científicos, principalmente modelos químicos.

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) um dos entraves para se compreender as Ciências da Natureza, em especial a Química, é que esta disciplina ainda é concebida de forma fragmentada e desconexa com a realidade do aluno, não utilizando de novas metodologias que vão além do livro didático. “Na essência parecem os mesmos conteúdos, nas mesmas séries, com pouca significação de conceitos que permitam estimular o pensamento analítico do mundo, do ser humano e das criações humanas” (Brasil, 2006).

Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), os maiores obstáculos encontradas por professores das disciplinas de Ciências da Natureza residem na dificuldade de trabalhar os conteúdos de forma contextualizada e interdisciplinar quando os assuntos envolvem situações e fenômenos altamente abstratos, considerados distantes da realidade do aluno.

Diante desta conjectura, este estudo questiona: A RV e/ou RA tem sido um tema recorrente no Ensino de Química na literatura de nosso país? Quais os assuntos mais contemplados? Quais são os benefícios apresentados? Quais os desafios/limitações para se utilizar a RA e RV nas aulas de química? Os trabalhos desenvolvidos utilizam alguma teoria de aprendizagem em sua estrutura? Sua implementação favorece o desenvolvimento de competências e habilidades mensuradas na BNCC?

Para responder a esses questionamentos, este estudo busca desenvolver uma revisão sistemática da literatura (RSL), apresentando os estudos que tratam da utilização da RA e/ou RV, com foco no Ensino de Química no Brasil, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. Para a obtenção dos estudos da RSL, foram utilizadas as bases de dados Periódicos da CAPES, Banco de Teses e Dissertações da CAPES e Google Scholar, e teve como intervalo de tempo os anos de 2015 a 2021, buscando quantificar e analisar os trabalhos que tratavam sobre RA e RV no Ensino de Química, para assim vislumbrar um mapeamento da área, delineando a possibilidade e a viabilidade de trabalhos futuros.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é apresentar uma visão geral dos estudos que abordam o uso da RA e RV no Ensino de Química, a partir de uma RSL, buscando suas potenciais aplicações em aulas de química, bem como suas relações com o desenvolvimento de competências e habilidades difundidas pela BNCC. Além disso, instigar e subsidiar professores a utilizarem essas tecnologias em sala de aula, e também fomentar pesquisas futuras com abordagem na temática apresentada.

Diante do exposto e da importância da temática, a qual trata do uso de RA e RV no Ensino de Química. A RSL apresentada se justifica pela necessidade de discussão acerca do tema em questão, visto que, como mencionado anteriormente, a química trata-se de uma disciplina com assuntos que possuem um elevado nível de abstração, de difícil

assimilação por parte do educando. O estudo almeja compreender como esses tópicos vêm sendo abordados na literatura e em sala de aula, bem como identificar as estratégias utilizadas pelos autores para aplicação dessas ferramentas e/ou metodologias.

Dessa maneira, este artigo foi dividido em seis seções. A primeira seção apresenta a introdução do artigo com uma breve contextualização geral e específica do tema, assim como sua fundamentação legal, os questionamentos do estudo e as contribuições e motivações desta pesquisa sobre RA e RV no Ensino de Química. Na segunda seção serão relatados trabalhos relacionados com o estudo proposto, apresentando uma série de estudos que foram encontrados nas bases de dados mencionadas. A terceira seção apresenta a fundamentação teórica com uma breve revisão bibliográfica sobre a temática. A quarta seção descreve os procedimentos metodológicos aplicados para a coleta de dados, tais como: a definição das bases digitais científicas que serão pesquisadas, as palavras chaves e a *string* de busca, além dos critérios exclusão e inclusão. Na quinta seção, apresentamos os resultados da pesquisa com suas respectivas análises e discussões. Por fim, a sexta e última seção, dedica-se às considerações finais acerca da temática da pesquisa, suas limitações e trabalhos futuros.

TRABALHOS RELACIONADOS

Mazzuko *et al.* (2021) realizaram uma RSL na qual identificaram que durante os anos de 2011 a 2020 a RA tem sido utilizada no Ensino de Química, em especial nos últimos três anos dessa pesquisa, em que houve um crescimento considerável de artigos relacionando essas temáticas. O trabalho dos autores foi realizado a partir de buscas em periódicos internacionais por artigos em língua inglesa, no qual foi verificado também que o assunto que tem sido mais contemplado é o de “Estruturas Moleculares”, e que grande parte desses trabalhos tiveram como público alvo a Química na graduação.

Outra RSL foi realizada por Queiroz *et al.* (2019), porém essa revisão trata-se de aplicações da RA nas disciplinas das Ciências da Natureza. Esse estudo, que foi realizado buscando trabalhos entre os anos de 2009 a 2018 constatou que a Física é a disciplina mais abordada utilizando a tecnologia de RA, enquanto na disciplina de Química poucos artigos foram encontrados. Na RSL em questão, os autores apontam que a maior parte desses trabalhos envolvendo o uso da RA não foram aplicados em sala de aula.

Lima *et al.* (2020) também realizaram uma RSL tratando da aplicação da RA no Ensino de Ciências da Natureza, no qual analisaram trabalhos entre os anos de 2010 a 2018, e mais uma vez foi constatado o aumento de publicações envolvendo esse recurso tecnológico nos últimos anos, em especial nos tópicos da disciplina de Física. Outra contribuição dessa RSL foi quanto a avaliação desses conteúdos abordados com o uso da RA, que está sendo predominantemente uma avaliação qualitativa baseada em questionários e relatos dos sujeitos da pesquisa, os quais destaca a “motivação” como um diferencial da aplicação dessa tecnologia.

Os estudos relatados aqui demonstram que o uso da RA no campo educacional tem tido um avanço ao longo dos últimos anos, porém é notório a carência de estudos de RSL envolvendo RA na área de Ensino de Química. Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento desta pesquisa que tem como diferencial ser uma RSL de estudos brasileiros voltados para o uso da RA e RV especificamente para a disciplina de Química.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Leite (2020), a RA é uma ferramenta que combina informações virtuais com objetos do mundo real, fazendo com que o usuário tenha a possibilidade de interagir com os dois espaços simultaneamente. Já a RV é um cenário criado por um computador que permite uma imersão do usuário em um ambiente tridimensional (3D) em tempo real, utilizando dispositivos multissensoriais (Kirner & Siscoutto, 2007).

Para Lopes *et al.* (2019) a RA pode ser entendida como um elemento virtual complementar ao mundo real que pode trazer diversas vantagens para a educação, pois seu elevado nível de interatividade contribui positivamente para o aprendizado dos alunos, já que nesse ambiente criado, o usuário tem a impressão de que os objetos virtuais gerados coexistem com o ambiente físico.

O dispositivo de RA funciona basicamente da seguinte forma, uma câmera é apontada para um objeto chamado de marcador, logo um código é transmitido ao programa que irá interpretá-lo, em seguida o *software* gera o objeto virtual e o devolve à cena real, havendo então a sobreposição do objeto virtual ao local ao qual a câmera foi apontada (Guimarães, Gnecco & Damazio, 2007).

Já a RV, de acordo com Kirner e Siscoutto (2007) é uma “interface avançada do usuário” por meio de *softwares* que permitem a navegação e interação em tempo real, como o deslocamento e a visualização de objetos em ambientes simulados virtualmente em três dimensões pelo computador. Essa tecnologia utiliza dos sentidos do usuário para enriquecer a interação, com isso, quem utiliza pode visualizar, escutar e até movimentar objetos em três dimensões.

Rodrigues e Porto (2013) definem RV de forma resumida como uma simulação da realidade gerada por um computador, e caracterizada por três fatores que se integram: a imersão, a interação e o envolvimento. A imersão é a capacidade de fazer o usuário sentir a sensação de estar dentro do ambiente, já a interação ocorre quando o computador reconhece comandos realizados pelos usuários e promove alterações em tempo real no ambiente virtual, e o envolvimento é a participação do usuário de forma ativa ou passiva em atividades nas simulações (Rodrigues & Porto, 2013).

Segundo Filho e Dias (2019) a implementação desse tipo de tecnologia na educação pode agregar diversos benefícios, isso porque essas ferramentas podem simular inúmeras situações muitas vezes complexas, auxiliando em uma visualização mais completa por

parte dos discentes, atraindo a sua atenção, tornando o assunto mais estimulante e possibilitando o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Em componentes curriculares das Ciências da Natureza os benefícios da utilização desses recursos podem ser intensificados, isso porque elas podem substituir situações impossíveis de serem realizadas no ambiente escolar, seja por falta de recursos ou pelo nível de periculosidade ao manusear certos reagentes químicos, por exemplo. A RV e RA “apresenta uma oportunidade de aprender com uma situação real, mas artificialmente criada, facilitando a visualização e a sensação de interação com o foco do estudo” (Filho & Dias, 2019, p. 98).

Queiroz, Oliveira e Resende (2015) também dialogam sobre as vantagens da implementação dessa tecnologia na educação, para os autores, a RA pode ser configurada como uma ferramenta de grande ajuda ao professor, visto que, podem tornar assuntos abstratos cada vez mais concretos por meio de simulações que mesclam objetos virtuais com o mundo real, além disso, propiciam que o aluno desenvolva habilidades investigativas.

METODOLOGIA

O método utilizado foi baseado na metodologia proposta por Kitchenham e Charters (2007) para Revisões Sistemáticas da Literatura, prática que visa reunir e revisar diversos trabalhos com o intuito de responder às questões propostas com um foco específico. Essa metodologia segue três fases principais, o planejamento, a condução e o relatório.

Esta RSL considera exclusivamente a busca automática, nesse sentido, as perguntas foram estruturadas de forma a se construir uma visão geral de como a RA e RV têm sido exploradas no Ensino de Química no Brasil (Questão Principal), identificando possíveis vantagens e limitações da sua implementação. No Quadro 1 podemos observar essas questões de pesquisa, divididas em questões principais (QP) e questões secundárias (QS) bem como suas motivações.

Nº	Questão de pesquisa	Motivação
QP1	Quais os benefícios apresentados ao se aplicar RV e/ou RA no Ensino de Química?	Explorar possíveis resultados atingidos com a aplicação dessa tecnologia em sala de aula.
QP2	Quais os desafios, limitações para se utilizar a RA e RV nas aulas de química?	Identificar possíveis lacunas no que se refere a aplicação dessas ferramentas em sala de aula.
QP3	O trabalho utiliza alguma teoria de aprendizagem em sua estrutura?	Averiguar se os recursos desenvolvidos utilizam algum fundamento teórico pedagógico.
QP4	Sua implementação favorece o desenvolvimento de competências e habilidades mensuradas na BNCC?	Verificar se essas ferramentas são efetivas à luz da BNCC.
QS1	A RV e/ou RA tem sido um tema recorrente no Ensino de Química na literatura de nosso país?	Investigar se o assunto em questão tem sido fonte de estudos no Brasil.
QS2	Quais as regiões do Brasil com o maior número de trabalhos com essa temática?	Identificar quais regiões se destacam em pesquisas sobre essa temática.
QS3	Quais os assuntos mais contemplados?	Detectar quais os tópicos em Química mais abordados com o uso da RA e RV.

Quadro 1: Questões de pesquisa

Fonte: Os autores (2022).

Definidas as questões norteadoras da pesquisa partimos para a busca e seleção dos artigos a serem analisados. Para isso, foram realizados alguns testes prévios com algumas *strings* com o intuito de refiná-las para definir a *string* final, capaz de buscar estudos primários mais relevantes (Kitchenham & Charters, 2007). Essa *string* foi utilizada nos buscadores Google Scholar, Periódicos da CAPES e banco de Teses e Dissertações da CAPES, sendo composta por “Realidade Virtual”, “Realidade Aumentada” e “Ensino de Química”, utilizando os operadores booleanos OR entre os dois primeiros termos e AND para relacioná-los à última expressão

Essa busca preliminar retornou um total de 716 trabalhos, na sequência a pesquisa foi refinada utilizando critérios de inclusão e exclusão (Quadro 2) para filtrar os resultados e os restringir de forma a direcioná-los para o objeto de estudo. No primeiro filtro, mais geral, consideramos a língua portuguesa e o período entre 2015 e 2021, restando 441 trabalhos.

Critérios de Inclusão	ID	Critérios de exclusão	ID
Língua de origem (Português)	CI1	Trabalhos duplicados	CE1
Período (2015-2021)	CI2	Formato que não seja artigo/dissertação/tese	CE2
Local (Brasil)	CI3	Artigo derivado de dissertação ou tese que já foi incluso.	CE3
Artigos que contenham ao menos parte da string no título	CI4	Trabalho de literatura cinza (não revisados por pares)	CE4

Quadro 2: Critérios de inclusão e exclusão

Fonte: Os autores (2022).

Em seguida foi aplicado mais um filtro utilizando os dois últimos critérios de inclusão mostrados no Quadro 2, o que resultou em apenas 27 trabalhos, que foram submetidos aos critérios de exclusão, restando ao final dessa triagem sete artigos e quatro dissertações (Quadro 3), que serão analisados e discutidos na seção seguinte, considerando as questões de pesquisa propostas inicialmente.

ID	Título
T01	Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química
T02	Estudo da contribuição da realidade aumentada para o ensino de química nos cursos técnicos integrados ao ensino médio no IFG Campus Jataí
T03	O uso da realidade aumentada no ensino de química sob a ótica de Bachelard: um obstáculo ou uma possibilidade?
T04	Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático
T05	Realidade aumentada no ensino de química: desenvolvimento de objetos virtuais para aplicativo smartphone como proposta de ensino de eletroquímica
T06	Realidade virtual e aumentada: um relato sobre a experiência da utilização das tecnologias no Ensino de Química
T07	MoleculAR: Simulador para o Auxílio no Ensino de Química Molecular para Estudantes da 1º série do Ensino Médio Usando Realidade Aumentada
T08	Realidade virtual aplicada ao ensino de química
T09	Realidade aumentada no ensino de química submicroscópica: alguns aspectos a serem considerados para o planejamento de atividades na educação básica
T10	O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada
T11	Análise de aplicativos móveis de realidade aumentada, virtual e mista à luz da construção do conhecimento químico

Quadro 3: Trabalhos selecionados

Fonte: Os autores (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a seleção dos trabalhos relacionados (resumido na Figura 1), iniciou-se o processo de análise e extração de dados para se obter conclusões sobre as questões de pesquisa definidas, que serão discutidas quantitativamente e qualitativamente nas subseções seguintes.

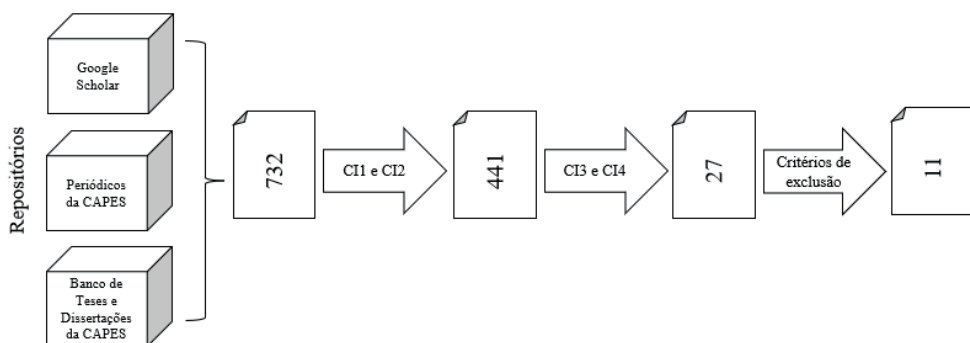


Figura 1: Processo de extração e seleção dos trabalhos

Fonte: Os autores (2022).

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS ESTUDOS

Nesta subseção é proposta uma análise quantitativa dos resultados da RSL, com o intuito de fornecer uma visão geral dos estudos com RA e RV no Ensino de Química no Brasil, apontando as regiões com mais estudos e os assuntos mais contemplados.

QS1 - A RV e/ou RA tem sido um tema recorrente no Ensino de Química na literatura de nosso país?

A partir da análise dos anos de publicação dos trabalhos selecionados foi possível observar um crescente aumento no número de trabalhos usando RA ou RV no ensino de química. Apesar de não haver publicações nos anos de 2016 e 2018, é perceptível que nos três últimos houve um aumento no número de publicações, como é possível verificar na Figura 2, sendo 2019 com 17% dos trabalhos, 2020 com 33% e 2021 com 25% das publicações, vale ressaltar, novamente, que a pesquisa foi realizada em outubro deste ano.

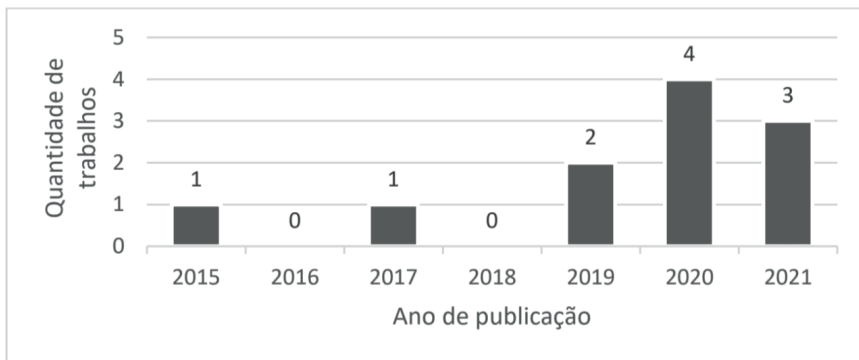


Figura 2: Quantidade de trabalhos por ano de publicação

Fonte: Os autores (2022).

QS2 – Quais os assuntos mais contemplados?

Os assuntos mais abordados nos trabalhos analisados foram Tabela Periódica, Estrutura Atômica, Ligações Químicas e Geometria Molecular que fazem parte da grande área Química Geral, no entanto, dois trabalhos saíram desse escopo, um abordando Isomeria que é um tópico da Química Orgânica (QP2), e o outro Eletroquímica, um assunto estudado em Físico-Química (QP5), porém, é válido mensurar que dentro dos trabalhos selecionados, havia estudos que avaliaram diversos recursos, podendo haver dessa forma mais de um tópico no mesmo artigo ou dissertação. É notório que os tópicos elencados nos trabalhos possuem um elevado nível de abstração por se tratarem de fenômenos que exigem uma compreensão de situações submicroscópicas, representadas por modelos químicos.

De acordo com Johnstone (1993), para compreender química é necessário que o aprendente entenda e consiga transitar entre as três dimensões específicas de conhecimento que essa ciência exige, a saber: dimensão macroscópica (composta pelos fenômenos observáveis), a submicroscópica (fenômenos em escala molecular) e a representacional (linguagem específica para representar os fenômenos químicos). Diante disso, o uso das RV e RA pode ser de fundamental importância visto que conseguem tornar as situações químicas mais concretas por meio de simulações e representações em três dimensões.

O que justifica a utilização dos *softwares* de RV e RA, que de acordo com Ferreira, Tarouco e Becker (2003) podem ter várias utilizações potenciais como, por exemplo, a visualização macro e microscópica, que tem como objetivo a observação de propriedades e objetos que são abstratos em escalas normais.

QS3. Quais as regiões do Brasil com o maior número de trabalhos com essa temática?

A Figura 3 mostra como os trabalhos estão distribuídos nas regiões brasileiras. É possível perceber que no Nordeste não houve nenhum estudo voltado para a temática de interesse, e a região Centro-oeste retornou apenas 9,9% do total dos trabalhos. Por outro lado, as regiões Norte, Sudeste e Sul foram as que mais publicaram sobre o temática desta RSL, com 18,2%, 27,3% e 45,4%, respectivamente.

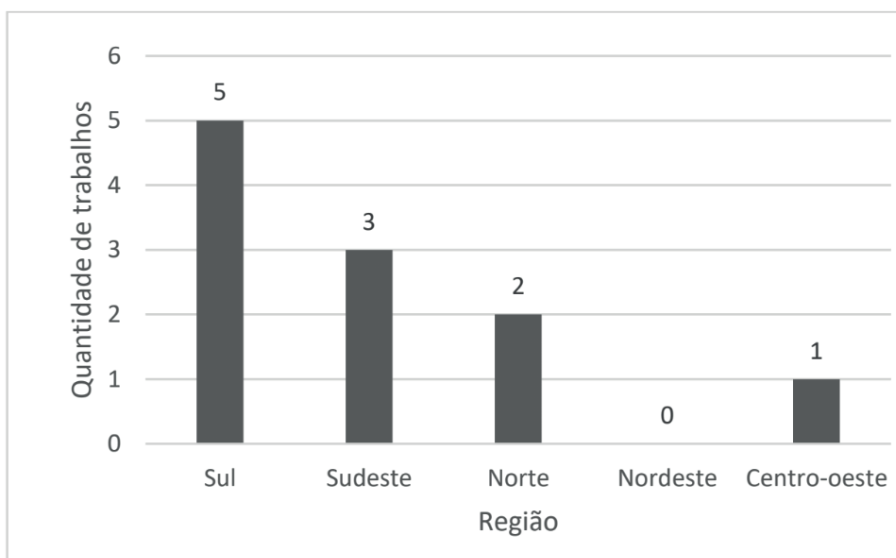


Figura 3: Quantidade de trabalhos por região

Fonte: Os autores (2022).

ANÁLISE QUALITATIVA DOS ESTUDOS

Esta subseção aborda uma análise qualitativa dos onze trabalhos selecionados, apontando benefícios e possíveis entraves no que tange a implementação da RA e RV no Ensino de Química. Além disso, buscou-se por possíveis relações desses trabalhos com teorias pedagógicas e com o desenvolvimento de habilidades de acordo com a BNCC.

QP1 - Quais os benefícios apresentados ao se aplicar RV e/ou RA no Ensino de Química?

Dos onze trabalhos analisados, 100% consideraram alguma vantagem ou benefício ao se utilizar a RA e/ou RV no Ensino de Química, destacamos em seguida alguns trechos retirados desses materiais.

Aproximadamente 36,4% dos trabalhos apontaram como um ponto positivo ao se utilizar essas tecnologias à redução da abstração dos fenômenos químicos (T02, T03, T09 e T11) como podemos observar no trecho do T02 que menciona:

T02: visualização dos objetos virtuais mais próximas da realidade e que permite aos alunos interagirem com o mundo digital.

Outro fator favorável que foi percebido em boa parte do material analisado é o grande potencial que essas ferramentas possuem em tornar as aulas mais dinâmicas e interativas, aumentando o interesse e a motivação dos discentes, evidenciado nos fragmentos do T04 e T08, respectivamente:

T04: foi possível notar o interesse e motivação pela matéria depois de usado o material, tendo em vista que a inovação gerou maior interesse dos alunos, até então acostumados com os livros didáticos no dia a dia.

T08: [...] pode contribuir com a inovação da educação, despertando o potencial dos alunos, [...] promovendo aulas mais dinâmicas, interessantes, participativas e conectadas com as tecnologias que envolvem a sociedade atualmente.

QP2 - Quais os desafios, limitações para se utilizar a RA e RV nas aulas de química?

Do total de trabalhos que foram explorados, 27,3% (valor aproximado) não fizeram apontamentos quanto a possível problemática que envolve o uso dessas ferramentas em sala de aula, já o restante expôs limitações que se diferem uns dos outros como, *bugs* nos *softwares*, ausência de uma estrutura mínima escolar, idioma, tempo usado para a preparação do material e problemas com os marcadores, visto que a impressão desse material deve ser feita utilizando produtos de qualidade, além disso, a iluminação da sala de aula pode atrapalhar na leitura desses marcadores.

Os marcadores são imagens impressas que são lidas pela câmera ou por outro processo que convertem a imagem para linguagem binária que é reconhecida pelo *software* que em seguida devolve à cena real o objeto 3D previamente construído (Guimarães, Gnecco & Damazio, 2007).

Outro ponto que vale a pena ressaltar é que a simples disponibilização dessas tecnologias aos alunos não garante uma efetivação da aprendizagem, destarte, cabe ao professor ser mediador do processo para evitar que sejam criados conceitos errôneos sobre o tema e consequentemente o desenvolvimento de obstáculos pedagógicos como destaca o T11:

T11: Esses *apps* estão construídos de maneira que não apresentam características que promovam o estímulo crítico do usuário, ou seja, se utilizadas sozinhos, sem contexto, não proporcionam novas maneiras de interpretação de conceitos, bem como não instigam a pesquisar sobre determinado tema abordado, sendo que, sugestivamente, sua utilização em contexto educacional estaria profundamente atrelada à figura do professor, como o responsável pelo processo de aplicação e mediação.

QP3 - O trabalho utiliza alguma teoria de aprendizagem em sua estrutura?

Ao analisar se os trabalhos selecionados se baseiam em alguma teoria pedagógica, foi constatado que 72,7% dos artigos e dissertações analisados não fazem nenhuma

menção a qualquer teoria ou aos seus fundamentos. Dos outros 27,3% restantes, 18,2% não mencionaram uma teoria diretamente, mas foi verificado no corpo dos textos uma valorização dos conhecimentos prévios dos alunos ao iniciar as propostas trabalhando o novo tópico em cima desses subsunçores. O que corrobora com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, em que os novos conhecimentos são ancorados nos conhecimentos já existentes do aluno, o conhecimento prévio é um fator determinante para aprender com significado, essa aprendizagem é um resultado de um processo psicológico que relaciona o que o aprendiz já sabe, que são suas ideias “ancoradas”, com o seu mecanismo mental individual para aprender (AUSUBEL, 2000).

Por outro lado, 9,1% (um artigo) utilizou a Teoria da Aprendizagem Significativa para fundamentar seu trabalho, como é possível observar no fragmento do T07:

T07: [...] partindo deste pressuposto, o *software* de simulação pode auxiliar neste processo à medida que o conteúdo estudado será visualizado e que as informações já conhecidas serão como base cognitiva para o entendimento espacial e mais real do átomo.

QP4 - Sua implementação favorece o desenvolvimento de competências e habilidades mensuradas na BNCC?

Para a investigação dessa questão de pesquisa excluímos os trabalhos encontrados entre os anos de 2015 a 2018, visto que, a BNCC só foi instituída em dezembro de 2018 para o Ensino Médio. Dessa forma, apenas nove trabalhos foram analisados para a QP4, e desse novo montante aproximadamente 77,8% não fez nenhuma menção à BNCC e nem ao desenvolvimento de competências e habilidades.

Do restante, (22,2%), um trabalho contempla o desenvolvimento de habilidades ao se utilizar a RA e RV, porém não específicas tais práticas e nem as relacionam com a BNCC. Já outro trabalho menciona a Base no corpo do texto, mas não explora o desenvolvimento de competências e habilidades proposto pelo documento.

É possível concluir que apesar de a BNCC ser um documento normativo que deve ser uma referência obrigatória nos currículos da educação básica de ensino (pública ou privada), ainda não tem sido difundida em sua totalidade aos grupos de pesquisadores de Ensino de Química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente RSL foram analisados 11 trabalhos que realizaram um estudo empírico sobre o uso da RV e RA como ferramentas para o Ensino de Química no Brasil. Entre as principais conclusões, foi constatado que a temática tem sido recorrente de estudos no país ao longo dos últimos anos, em especial 2020 e 2021 (ano em que foi realizado a RSL), principalmente nas regiões Sul e Sudeste, tendo como principal foco assuntos de química que envolve certo nível de abstração para compreensão: Elementos Químicos, Estrutura Atômica, Ligações Químicas, Geometria Molecular, Isomeria e Eletroquímica.

Outro ponto a se destacar é que essas ferramentas tecnológicas possuem a capacidade de tornar situações abstratas mais concretas e reais, o que pode servir de grande ajuda em aulas de Química, que muitas vezes exigem do aluno uma noção de construção mental de fenômenos. Além disso, esses recursos podem tornar as aulas mais dinâmicas e motivadoras, o que faz com que os alunos participem efetivamente do processo de construção da aprendizagem.

Quanto às limitações da RV ou RA foram poucas as situações encontradas, destacando apenas alguns problemas no que diz respeito aos marcadores, materiais a serem reconhecidos pelas câmeras dos dispositivos em que os *softwares* estão instalados. Também, a forma pelas quais esses dispositivos são utilizados em sala de aula, fazendo-se necessário uma efetiva mediação do professor nesses momentos. Outrossim, foi percebido que os trabalhos analisados, na sua grande maioria, não possuem de forma definida em sua estrutura uma teoria da aprendizagem como norteadora de ações, bem como não definem com clareza habilidades que podem ser desenvolvidas com a utilização dessas ferramentas à luz da BNCC.

Porém, é preciso considerar algumas limitações desta RSL, como por exemplo a restrição a apenas algumas bases de dados, e os critérios de inclusão e exclusão utilizados, podendo ocorrer de algum estudo relevante ter sido deixado de fora do estudo. Dessa forma, como trabalhos futuros sugere-se a expansão das bases de dados, modificações nos parâmetros de inclusão e exclusão, utilização de novas *strings* de busca, como também a possibilidade de realizar o mesmo estudo em bases de dados de outros países, a fim de confirmar e/ou expandir os resultados obtidos. Outra sugestão é que os próximos trabalhos desenvolvidos utilizem embasamentos teórico pedagógicos em sua estrutura para que essas ferramentas não sejam utilizadas apenas como um atrativo tecnológico, mas que tenham uma finalidade educacional.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF, 2016.

Brasil, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: MEC, 2006a.

Brasil. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, DF: MEC, 2006b. 135p.

Ferreira, Luís F., Taruco, Liane R., Becker, Fernando (2003). Fazer e compreender na Realidade Virtual: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem. *RENOTE*, 1(1) 1-11.

Filho, Paulo S., Dias, Rqueline S. (2019). Realidade virtual e aumentada: Uma metodologia ativa a ser utilizada na Educação. *Revista Com Censo*, 6(4), 94-101.

Gilbert, John K., Reiner, Miriam., Nakhleh, Mary (2008). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Dordrecht: *Springer*, 326p.

Guimarães, Marcelo P., Gnecco, Brino B., Damazio, Rodrigo. Ferramentas para Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada. In: KIRNER, C.; SISCOUITTO, R. (org.). *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Petrópolis: *Editora SBC*, 2007. cap. 6, 108-128.

Johnstone, Alex H. (1993). The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.

Kitchenham, Barbara., Charters, Stuart (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.

Kirner, Claudio., Siscoutto, Robson A. (2007). Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. In: KIRNER, C.; SISCOUITTO, R. A. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Porto Alegre: *Editora SBC*, cap. 2, 2-21.

Leite, Bruno S. (2020). Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química. *EDUCITEC*, 6, e097220.

Lima, Wilson. V. C., Nunes, Felipe., Herpich, Fabrício., Lobo, Cesar, O. (2021). Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Atividades Educacionais de Realidade Aumentada do Ensino de Ciências da Natureza. *TE&ET*, (29) 9-19. DOI: <https://doi.org/10.24215/18509959.29.e1> .

Mazzuco, Alex, E. D., Krassmann, Aliane L., Bastiani, Ederson., Reategui, Eliseo B. (2021). Revisão de Literatura Sobre o Uso da Realidade Aumentada no Ensino de Química. *RENOTE*, 19(1), 402-412. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.118530>.

Queiroz, Eduarda., Moura, Rafaéla., Souza, Ellen., José, Héldon., Albuquerque, Hidelberg O. (2019). A Aplicação de Realidade Aumentada no Processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências da Natureza: Um Mapeamento Sistemático da Literatura. *Revista Tecnologias na Educação*, Minas Gerais, 30, 1-18.

Rodrigues, Jéssica P., Porto, Cristiane M. (2013). Realidade Virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. *Interfaces Científicas*, 1(3). DOI: <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2013v1n3p97-109>.