

Possibilidades do aplicativo Virtual Science Lab para o desenvolvimento de uma Experimentação Digital na Química

Possibilities of the Virtual Science Lab application for the development of a Digital Experimentation in Chemistry

Douglas Lopes de Lira
Bruno Silva Leite

Resumo: As tecnologias digitais estão cada vez mais presentes na educação e no ensino de Química não é diferente. Tendo em vista as lacunas inerentes à experimentação no contexto escolar, esta pesquisa tem como objetivo principal investigar se há aplicativos que podem ser utilizados em uma Experimentação Digital na Química (EDQ). Para isso, a pesquisa foi realizada em 4 etapas (levantamento de artigos sobre a EDQ; busca na Google play de aplicativos envolvendo a experimentação; seleção e análise dos aplicativos). Os resultados mostram poucos estudos sobre a EDQ na educação básica, além de observarmos que em relação aos aplicativos, apenas o Simulações PhET contemplava os critérios estabelecidos e se relacionava com os pilares da Aprendizagem Tecnológica Ativa.

Palavras-chave: Experimentação digital; Aplicativos; Ensino de Química; Tecnologias Digitais.

Abstract: Digital technologies are increasingly present in the education and teaching of Chemistry is no different. In view of the gaps inherent to experimentation in the school context, this research has as main objective to investigate if there are applications that can be used in a Digital Experimentation in Chemistry (DEC). For this, the research was carried out in four stages (survey of articles about DEC; Google play search for applications involving experimentation; selection and analysis of applications). The results show few studies on DEC in basic education, in addition to observing that in relation to applications, only the PhET simulations contemplated the established criteria and was related to the pillars of Active Technological Learning.

Keywords: Digital experimentation; Applications; Chemistry teaching; Digital Technologies.

Introdução

Atualmente são perceptíveis os avanços tecnológicos na sociedade – da carta escrita (com chegada demorada ao destinatário) até o e-mail (com chegada imediata/instantânea), do pagamento presencial de boletos enfrentando filas nos bancos e casas lotéricas ao pagamento instantâneo no *Internet Banking* – uma vez que estes avanços promovem uma melhor qualidade de vida.

Estamos vivendo a era da informação, a qual é proveniente de recursos tecnológicos digitais, estando estes cada vez mais presentes na sociedade



(LEAL et al., 2021; LEITE, 2022). Há duas décadas atrás, o computador era tido como um bem dos mais favorecidos socialmente e hoje está tão popularizado que já é possível encontrá-lo na palma da mão através de um dispositivo móvel (por exemplo, o *smartphone*). Diante disto, o convívio social contemporâneo é inerente à atualização tecnológica, sendo esta última recomendável. Vivemos em um mundo:

que exige que as pessoas se reconstruam constantemente por meio de diversas formas de atualização, seja de conhecimentos, de informações, de processos ou do uso de novos recursos e ferramentas que vão sendo lançados. Independentemente da área de atuação, as pessoas precisam acompanhar as constantes transformações que envolvem sua vida profissional, social ou acadêmica (MAIA; MATTAR, 2007, p. 5).

Nesse sentido, a educação precisa acompanhar estas tendências sociais, ou então tornar-se-á obsoleta e desconectada da sociedade. A necessidade de mudanças nas práticas pedagógicas estão cada vez mais emergentes e estas mudanças devem considerar o uso das tecnologias digitais. Assim, “se estas práticas pedagógicas não são renovadas, os métodos, processos e conteúdos que conhecemos (e admitamos) se tornarão irrelevantes porque deixarão de atender à demanda do contexto” (LEITE, 2018, p. 581).

A nível educacional, especificamente na educação básica brasileira, o componente curricular Química é considerado de difícil compreensão, pelo distanciamento entre a teoria e a prática (MAZALLA JUNIOR, 2006; SOUZA et al., 2015; LEAL et al., 2021). Por sua vez, as práticas experimentais, embora despertem o interesse dos estudantes, não são tão simples de serem realizadas, principalmente quando o ambiente escolar é desprovido dos recursos básicos necessários para a sua realização como a falta de laboratórios físicos, reagentes, vidraria etc. Uma alternativa para a efetivação de práticas experimentais, em ambientes que não têm infraestrutura adequada, é o desenvolvimento da experimentação digital, ou seja, a realização de atividades experimentais suportadas pelas tecnologias digitais.



No ensino de Química, pesquisas têm buscado relacionar as contribuições das tecnologias a esta área do conhecimento (REIS, LEITE; LEÃO, 2017; LEAL et al., 2021; LEITE, 2021), embora Reis, Leite e Leão (2019), tenham observado que poucos cursos de licenciatura em Química no Brasil têm como foco a elaboração e a utilização das tecnologias por parte dos professores em formação.

O crescente uso das tecnologias digitais, em especial os aplicativos, tem possibilitado aos estudantes realizarem atividades diversas para a compreensão de conceitos, modelos e teorias envolvendo a Química (SANTOS; LEITE, 2019). Nesse sentido, aulas experimentais sendo realizadas em sala de aula (para aquelas escolas que não têm laboratórios de Ciências ou tem e sua infraestrutura é inadequada às atividades práticas), por meio das tecnologias digitais, podem se configurar como promissoras à uma melhor aprendizagem discente. Embora, não seja o ideal, o uso da experimentação digital nas aulas de Química visa diminuir a lacuna de aprendizagem ocasionada com a falta de aulas nos laboratórios. Não se trata apenas de introduzir as tecnologias digitais à educação, é introduzi-las com o intuito de mitigar uma lacuna no sistema educacional do ensino de Química. Segundo Paula (2017, p. 81), “existem aplicativos que criam, no computador, laboratórios virtuais semelhantes aos laboratórios reais. Esses laboratórios virtuais eliminam os problemas ligados à segurança ou ao tempo necessário para a realização de um experimento”. Para Alfonso (2019), as práticas de laboratório podem ocorrer quando o estudante utiliza simulações interativas programadas a partir do uso do laboratório virtual. Doerr (1997) chama de laboratórios virtuais o ambiente muito semelhante ao encontrado em laboratório em que os experimentos físicos podem ser simulados.

As simulações presentes nos laboratórios virtuais motivam e engajam os estudantes a compreenderem os fenômenos submicroscópicos. Segundo Vasconcelos (2016, p. 4), as “simulações podem ser consideradas como ferramentas que auxiliem na compreensão destes fenômenos com a vantagem de representar informações que são imperceptíveis aos olhos”. Na visão de Medeiros e Medeiros (2002), o uso de simulações pode permitir algumas



vantagens no processo de construção de conhecimento dos estudantes. Por exemplo, que os estudantes reúnam uma grande quantidade de dados de forma rápida, além de envolvê-los em tarefas que exigem interatividade. Quando os professores fazem uso das simulações, eles conseguem reconhecer as vantagens e limitações que este recurso possui. Destarte, as tecnologias podem fomentar uma aprendizagem multimídia durante atividades experimentais digitais (simulações), em que o estudante aprende mais com o uso de imagens do que apenas com palavras isoladas. Segundo Mayer (2001, p. 208), “as pessoas aprendem melhor através de palavras e imagens do que apenas através de palavras”. Este é o princípio da multimídia que pode estar contido nas experimentações digitais, bem como na própria interação discente.

Considerando o cenário educacional no Brasil, ocasionado pela pandemia causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2) em que muitas escolas estavam com aulas virtuais (LEITE, 2020), levantou-se os seguintes questionamentos: Como estavam sendo realizadas as aulas práticas de Química? Como os professores de Química irão ministrar suas aulas experimentais em um ambiente virtual? De modo a responder essas questões e a vislumbrar alternativas para o ensino da Experimentação Digital na Química (EDQ), esta pesquisa teve como objetivo investigar quais aplicativos podem ser utilizados nas práticas pedagógicas dos professores de Química.

Percurso metodológico

Esta pesquisa se trata de um estudo descritivo, de caráter exploratório, que busca conhecer quais aplicativos podem ser utilizados para o ensino da EDQ. As pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de explorar e proporcionar maior familiaridade com o problema investigado (GIL, 2017). Assim, o desenvolvimento da pesquisa ocorreu em quatro etapas:

Na primeira etapa, realizou-se uma pesquisa bibliográfica com o intuito de analisar se há trabalhos que fazem uso da EDQ. Segundo Lakatos e Marconi (2010, p. 166), uma pesquisa bibliográfica “abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo. [...] Sua finalidade é colocar o



pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto”.

A busca consistiu em identificar artigos em revistas que possuem discussões sobre a temática entre os anos de 2011 até 2020, tendo em vista que foi neste período em que ocorreu maior popularização de acesso à Internet na sociedade brasileira. A plataforma Sucupira foi utilizada para orientar o levantamento, em que se investigou as revistas que tinham em seu título a palavra “Química” e que fossem da área de avaliação em “Educação” e “Ensino”, considerando os Qualis entre A1 e B5 da classificação do quadriênio 2013-2016. A escolha destes critérios de busca se deu por considerarmos que a probabilidade de trabalhos envolvendo a experimentação no ensino de Química seria maior, por se tratarem de revistas voltadas para a Química. Em seguida, como critério de escolha dos artigos em cada revista selecionada, foi dado prioridade àqueles estudos que contivessem experimentações de Química associadas às TDIC. Assim utilizou-se como descritores na busca as palavras: experimentação, experimento, Química, TDIC, tecnologia digital, dentre outras palavras correlatas. Além do cruzamento dessas palavras-chave com os termos ensino/educação, Química e Ensino de Química. A partir dos resultados obtidos na pesquisa, os artigos foram selecionados. Nesse sentido, foi realizada a leitura dos resumos dos artigos, considerando que estes apresentam uma boa forma de identificar o tipo de trabalho realizado. Quando essa informação não estava explícita no resumo, fez-se necessária a leitura também na íntegra, possibilitando verificar se os artigos se encaixavam na temática desta pesquisa (experimentação digital na Química).

Na segunda etapa foi realizada uma busca na loja da *Google Play*® no intuito de identificar quais aplicativos podem ser utilizados para uma aula de EDQ. Na loja foram digitadas as palavras-chave: experimentos digitais, laboratórios virtuais e simuladores de experimentos de Química/Ciências. Observou-se que, embora haja um número indeterminado de aplicativos na *Google Play*®, o sistema de busca se limita a apresentar no máximo 250 aplicativos. Além disso, optou-se por restringir os resultados a aplicativos



disponíveis em língua portuguesa, espanhola e/ou inglesa, podendo estes serem gratuitos ou pagos.

A escolha dos aplicativos da *Google Play*® levou em conta por se tratar do sistema operacional *Android* (.apk), considerado um dos mais comuns entre os dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets* etc.) utilizados por professores e por estudantes, além de ser considerado o mais popular até o atual momento (SANTOS; LEITE, 2019).

Assim, na terceira etapa da pesquisa, buscamos selecionar na *Google Play*® aplicativos que permitissem a realização de atividades experimentais de Química. Na busca optou-se por aplicativos que permitissem sua utilização por meio de dispositivos móveis pelos próprios estudantes. Como critério de escolha, foram selecionados aplicativos que: 1) funcionem off-line, necessitando de apenas um único acesso à Internet para realização de seu *download*; 2) não possuem experimentos já ensaiados, ou seja, que apenas reproduzam roteiros pré-programados; 3) possibilitem eventuais erros de manuseio do experimento virtual por parte do estudante, gerando uma sensação de realidade analítica; 4) não apresentem desenhos animados; 5) não sejam limitados a apenas um Quiz.

A quarta etapa, consistiu na utilização e análise das funções do aplicativo selecionado. Nesta etapa, após a instalação do aplicativo, foram analisadas suas características, funcionalidades e seus experimentos identificando se alguns deles estão associados com temas frequentes do currículo de Química no ensino médio.

Resultados e discussão

Nesta seção apresentamos os resultados obtidos durante nossa pesquisa, primeiro sobre os trabalhos envolvendo a temática investigada e em seguida os resultados da busca pelos aplicativos.



Trabalhos sobre experimentação digital na química

Em relação aos resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa (artigos em revistas que possuem discussões sobre a EDQ entre os anos de 2011 a 2020), os dados revelam que das 16 revistas quem têm em seu título o termo Química, apenas 4 (quatro) revistas apresentavam discussões relacionadas aos termos investigados. De modo a identificar se os artigos contemplavam os critérios da pesquisa, isto é, se apresentavam possibilidades de uma EDQ, realizou-se a leitura dos artigos obtidos nas quatro revistas.

Destaca-se que no total foram obtidos 10 (dez) artigos nas quatro revistas que contemplavam os descritores de busca. Contudo, após a leitura do resumo/integra dos artigos, apenas 4 artigos atendiam aos critérios pré-estabelecidos (Quadro 1), isto é, descreviam possibilidades de uma EDQ. Os artigos identificados discutiam a respeito de aulas práticas fazendo uso de aplicativos On-line/Off-line ou sobre a análise e/ou uso de aplicativos em aulas práticas de Química na educação básica.

Quadro 1: Artigos identificados na busca

Qualis	Artigo	Revista	Ano
A1	<i>Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de química en escolares chilenos</i>	<i>Educación Química</i>	2018
A2	Tabela Periódica Interativa	Química nova na escolar	2014
A3	Desenvolvimento de um software educativo para o ensino experimental de química	Revista brasileira em ensino de química	2017
A4	Análise crítica dos objetos educacionais digitais de base experimental no ensino de química	Revista debates em ensino de química	2017

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação aos artigos encontrados, realizamos a análise considerando suas características gerais e suas contribuições. A seguir descrevemos, brevemente, as particularidades e contribuições observadas nos artigos encontrados.



No que diz respeito ao artigo A1 (*Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de química en escolares chilenos*) publicado na *Educación Química*, observa-se que a pesquisa identifica a vulnerabilidade no ensino de Ciências da Natureza em escolas da educação básica chilenas, com aulas metódicas, descontextualizadas que não contemplam a prática. O trabalho destaca as tecnologias digitais a partir do uso de um aplicativo on-line denominado Laboratório Virtual de Química. Na pesquisa, realizada com estudantes do terceiro ano chileno, são propostas aulas práticas virtuais com o uso do laboratório virtual em algumas escolas chilenas seguindo os planos e programas do Ministério da Educação do país. Os resultados mostram que a estratégia promoveu melhorias na qualidade do ensino e na motivação dos estudantes, porém apenas em uma das escolas houve melhora no desempenho acadêmico. O artigo conclui que o uso do laboratório virtual de química influenciou positivamente na motivação e desempenho acadêmico dos estudantes.

Em relação ao artigo A2, seu objetivo é apresentar uma tabela periódica interativa de 3,2 metros de comprimento e 2,2 metros de altura, na qual possui um *software* off-line anexado à tela *Touch Screen* em que o estudante clica em um elemento químico e o sistema mostra as informações sobre esse elemento. O desenvolvimento da tabela interativa foi resultado da inquietação de pesquisadores da Universidade Federal de Juiz de Fora sobre os baixos índices de proficiência na aprendizagem de Química no ensino médio. O artigo apresenta discussões envolvendo a associação de recursos digitais e experimentais, de modo a permitir que os estudantes conheçam as propriedades dos elementos químicos. Os experimentos interativos apresentados no aplicativo são do tipo pré-programados, isto é, o estudante apenas acompanha sua simulação.

O artigo A3 destaca o uso de um *software* que simula um laboratório real, podendo ser utilizado off-line. A pesquisa relata uma proposta de uso do *software* – *Netbeans* no primeiro ano do ensino médio, considerando que nesse ano o uso do laboratório Químico é mais comum durante a disciplina. O *software* apresenta os equipamentos, vidrarias e riscos inerentes em um



laboratório. Ademais, o estudo destaca que o *software* pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em escolas públicas que não tenham um laboratório em sua infraestrutura. Contudo, este *software* não tem uma versão disponível na *Google Play*®, não sendo analisado na terceira etapa desta pesquisa.

Já o artigo A4 faz uma análise dos objetos de aprendizagem presentes em alguns repositórios brasileiros, concluindo que a maioria deles são antigos e com falhas conceituais. Entretanto, o artigo relata que os aplicativos disponíveis no Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem apresentam menos erros e limitações para o ensino de Química. Além disso, os resultados alertam sobre os entraves que podem ocorrer no decurso de uma aula digital e como proceder para atenuá-los. A pesquisa também mostra as possíveis dificuldades no uso de aplicativos digitais em sala de aula, apontando para a importância da mediação do professor durante o uso com os estudantes.

Nos artigos encontrados e analisados na primeira etapa desta pesquisa, nenhum deles apresentavam aplicativos que atendiam aos critérios pré-estabelecidos. Assim, na segunda e terceira etapa da pesquisa foram realizadas buscas de aplicativos que permitissem sua utilização em uma atividade experimental de Química, sendo descrito os resultados na próxima seção.

Aplicativos para uma EDQ

Durante o levantamento (segunda e terceira etapas) diversos aplicativos eram disponibilizados na plataforma da *Google Play*®, contudo boa parte deles se limitavam a execução de roteiros pré-programados, não possibilitando ao professor planejar o experimento ou que o estudante fosse livre para escolher as soluções que seriam utilizadas, além de outros se apresentarem através de desenhos animados. Considerando os diversos aplicativos disponíveis na loja da *Google Play*®, apenas 25 (vinte e cinco) *apps* foram disponibilizados atendendo aos critérios de busca (conforme a segunda etapa da pesquisa). Ressalta-se que em relação aos aplicativos/*softwares* observados nos artigos



obtidos na primeira etapa (e descritos na seção anterior), estes não foram encontrados disponíveis na *Google Play*®.

Para identificar se os 25 aplicativos disponibilizados possibilitavam uma EDQ, foram realizados os downloads destes *apps*. Após a análise dos aplicativos, 24 (vinte e quatro) foram excluídos, 14 (catorze) por se tratarem de quiz e 10 (dez) por possuírem um roteiro pré-programado (com e sem animações), o que inviabiliza o professor/estudante de simular uma EDQ livre e autônoma. Assim, considerando os critérios elencados na terceira etapa da pesquisa, apenas um aplicativo atendia aos requisitos pré-estabelecidos: o aplicativo Simulações *PhET* (*Physics Educacional Technology*) desenvolvido pela Universidade do Colorado (Figura 1). O aplicativo fornece aos estudantes, além da interatividade, caminhos para que eles possam compreender determinado fenômeno proposto na simulação.

Figura 1: Logo do aplicativo Simulações *PhET* na *Google Play*®



Fonte: *PhET*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>

O aplicativo está disponível no idioma inglês e português, tendo 61 MB de tamanho, apresentando imagens que remetem ao ambiente de um laboratório Químico, o que possibilita seu uso em aulas práticas digitais do componente curricular Química. Além disso, o aplicativo tem mais de 30 experimentos virtuais que abrangem os conteúdos presentes no currículo da Química, Biologia, Física (Ciências da Natureza), Matemática e Ciências da Terra, o que contribui para que os professores possam fazer uso em suas práticas pedagógicas. Na Química são disponibilizadas 27 simulações, porém selecionamos apenas quatro experimentos digitais de Química envolvendo os critérios estabelecidos para a realização de uma atividade experimental por meio do aplicativo. Para a escolha destes experimentos digitais, pautamo-nos na associação com os conteúdos dos Parâmetros Curriculares de Pernambuco

(PCPE), considerando a presença destes conteúdos nos experimentos presentes no aplicativo e também nos livros didáticos.

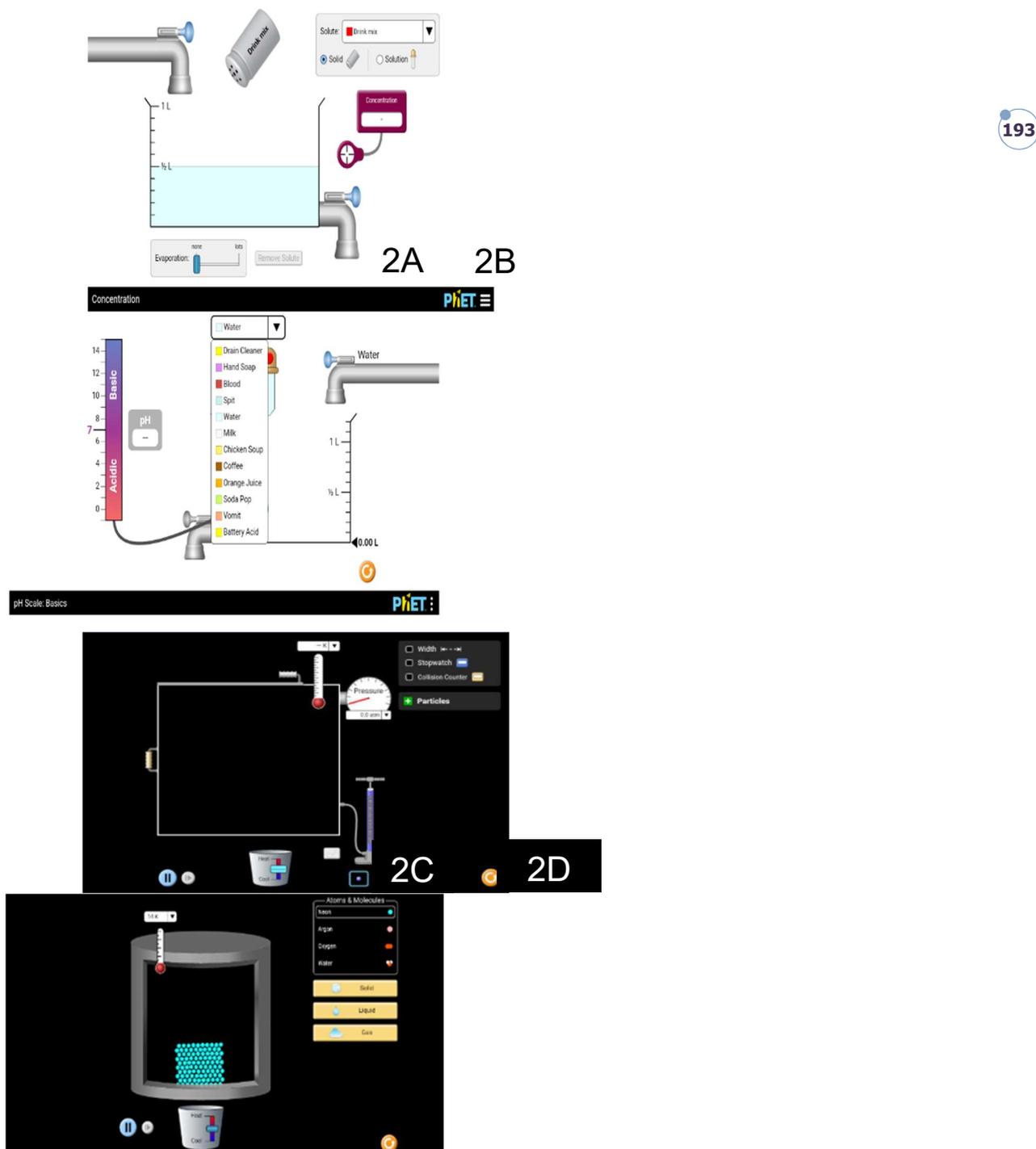
A plataforma *PhET* tem um site próprio que dá acesso aos experimentos. Nesse sentido, para escolas que têm acesso à internet se torna uma opção pertinente para uso das simulações em aulas experimentais, porém nem todas as escolas brasileiras de ensino público têm acesso à internet. Assim, para estas escolas, por exemplo, o *download* do aplicativo para uso off-line é uma alternativa. O Simulações *PhET* pode ser baixado nos idiomas inglês e português na loja de aplicativos da *Google Play*®. Entretanto, para alguns *downloads* são cobradas taxas (simbólicas) para manutenção do site.

É importante destacar que o uso do Simulações *PhET* pode ser ancorado pelo modelo da Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA) (LEITE, 2018, 2022). Este modelo discute sobre o uso das tecnologias digitais com as metodologias ativas (metodologias que tem o estudante no centro do processo de ensino). Na perspectiva da ATA, o uso das Simulações *PhET* pode ser justificado por algumas ações, são elas: indicação do professor para uso do aplicativo pelos estudantes, orientando-os durante a atividade ou o próprio uso pelo professor (atendendo ao pilar papel docente); incentivo do professor ao uso livre do aplicativo pelos estudantes, de modo que eles conheçam os experimentos possíveis no aplicativo, promovendo o seu protagonismo (segundo pilar da ATA); direcionamento do professor para as atividades que serão realizadas usando o aplicativo (conforme o pilar suporte das tecnologias), culminando na avaliação dos estudantes (pilar da Avaliação).

Diante dos diversos experimentos digitais observados no Simulações *PhET* passamos a apresentar os quatro experimentos digitais relacionados à Química. Para apresentar algumas funcionalidades do aplicativo, foram selecionados quatro experimentos (Figuras 2A, 2B, 2C e 2D) que estão em acordo com as propostas de ensino do currículo da Química. Os conteúdos abordados são: Concentração; Escala básica de pH; Introdução aos Gases; Estados e mudanças de fases.



Figura 2: Imagens dos quatro experimentos analisados no aplicativo Simulações PhET



Fonte: PhET. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>

O experimento Concentração (*Concentration*), Figura 2A, envolve os conteúdos de concentração molar. Por exemplo, o professor pode solicitar o valor da quantidade de massa de soluto a ser adicionada à solução conforme o



planejamento de sua aula. Os estudantes serão capazes, não apenas de realizar medidas, mas também de analisar e descrever qualitativamente o experimento. Além disso, nele é possível que o discente adicione soluto e meça a concentração molar da solução. Tal ação implica em maior liberdade e autonomia dos estudantes durante a atividade, possibilitando o erro e a análise crítica sobre suas ações, ou seja, permite que os estudantes estejam no centro do processo de aprendizagem, conforme os pressupostos da aprendizagem tecnológica ativa (LEITE, 2018). Ademais, é possível que ocorra uma aprendizagem multimídia (MAYER, 2001), em que o estudante consegue fazer relações entre as palavras e imagens apresentadas, criando uma representação mental.

O experimento também apresenta solutos em fase líquida, em que o discente pode mudar, criando uma solução de soluto líquido. Questões do tipo “quanto de massa foi adicionada nesta solução?” podem orientar as ações dos estudantes para uma atividade investigativa (SUART; MARCONDES, 2009). Segundo Suart e Marcondes (2009), os experimentos investigativos são uma das estratégias sugeridas para permitir a participação mais ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, além de ser considerada uma alternativa para melhorar a aprendizagem e intensificar o papel do estudante na atividade. É possível no experimento vaporizar a água variando a concentração molar, assim como abrir uma torneira para diminuir o volume da solução sem variar sua concentração e abrir outra torneira para jogar mais solvente à solução. Nestas ações também podem ser realizadas perguntas investigativas, por exemplo: “Por que quando abriu uma das torneiras não mudou a concentração, mas quando abriu uma outra ou vaporizou água houve variação?”, possibilitando as discussões sobre diluição.

A Figura 2B mostra o experimento Escala básica de pH (*pH Scale Basic*) em que é possível discutir os conteúdos sobre o pH das soluções e concentração hidrogeniônica. Esses conteúdos são abordados no 1º ano do ensino médio. Uma atividade possível para este experimento é o professor solicitar a concentração hidrogeniônica $[H^+]$ da mistura preparada, em que o estudante irá adicionar um reagente e medir o pH. Da mesma forma, o



estudante escolhe uma das substâncias que estão no aplicativo (protagonismo do estudante), mede o pH, adiciona água nela e mede novamente o pH.

Para uma atividade investigativa, perguntas podem ser feitas, como: “houve alteração no valor de pH?” e “caso tenha ocorrido variação, explique o que houve?”, estimulando a curiosidade e motivando os estudantes para o conhecimento científico. Além disso, o professor pode aprofundar as discussões utilizando o aplicativo, por exemplo, ele pode solicitar ao estudante que escolha uma substância de caráter alcalino, meça o pH, vá adicionando água ao sistema e observe se a substância sai de uma faixa de pH alcalina e passa para uma faixa ácida. O processo inverso também pode ser realizado (o que promoveria indagações nos estudantes). Após essa ação, o professor pode questionar os estudantes: “Por que a substância foi até a faixa neutra e não passou a ser o inverso?”.

O experimento Introdução aos Gases (*Gases intro*), Figura 2C, possibilita ao professor trabalhar os conteúdos de comportamento físico dos gases (lei de Boyle, lei de Charles e Gay Lussac, equação geral dos gases e lei do gás ideal) que são abordados no 1º ano do ensino médio. Dentro de uma perspectiva da ATA, no primeiro pilar (papel docente), o professor pode solicitar aos estudantes que olhem o manômetro e analisem a equação das leis dos gases. Os estudantes poderão introduzir gás ao recipiente e aumentar a temperatura, de forma a compreenderem o conteúdo proposto, assim, observa-se dois pilares da ATA, o Protagonismo do estudante e o Suporte das tecnologias. Conforme descrito por Paula (2017, p. 81), os “laboratórios virtuais constituem recursos mediacionais capazes de aumentar o protagonismo dos estudantes nas atividades de ensino e aprendizagem”. Também é possível “perturbar” o sistema, introduzindo ou retirando gás do recipiente e aumentar ou diminuir o volume do recipiente, sempre observando as alterações do manômetro. Ao modificar esses parâmetros (que estão na fórmula da equação geral dos gases), o estudante evidenciará experimentalmente como eles alteram o comportamento físico dos gases.

Uma outra possibilidade de uso do Simulações *PhET* pelo professor ocorre quando este solicita ao estudante mudar o tipo de gás que está no



recipiente (o que é representado pelas bolinhas roxas lentas para o gás das bolinhas vermelhas mais rápidas). O aplicativo contém um detector de número de colisões com a parede interna do sistema, assim os estudantes podem comparar o número de colisões (a energia cinética) das bolinhas roxas com as vermelhas. A dinâmica consiste na realização destas ações seguidas de perguntas inerentes à prática, tais quais: “quando se aumentou a temperatura de 25K para 100K o que ocorreu com a pressão do gás?”, “Quais gases têm maior energia cinética?”, além de outras referentes à pressão, temperatura e volume.

Por último, o experimento Estados e mudanças de fase (*States and Phase Changes*), Figura 2D, apresenta os conteúdos de substâncias químicas e mudanças de fases que são abordados no 1º ano do ensino médio. Contendo uma simulação de um recipiente em que nele pode ser introduzido: água, gás oxigênio, gás neônio ou gás argônio. Pode-se solicitar ao estudante que introduza uma dessas espécies e altere a temperatura, aquecendo-a ou a resfriando, para que seja observado, a nível submicroscópico, o que ocorre em termos de organização estrutural dos átomos e moléculas quando elas mudam de estado físico em decorrência da variação da temperatura. Nesse sentido o princípio da multimídia pode ser observado quando os estudantes fazem uso das imagens e palavras (MAYER, 2001), interagindo e compreendendo o que ocorre no nível submicroscópico por meio da simulação (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Questões investigadoras também podem ser feitas, por exemplo: “conhecendo o ponto de fusão e ebulição da água, qual estado tem maior/menor organização molecular?”.

Assim como observado nos experimentos, os pilares da ATA estão presentes e podem possibilitar uma aprendizagem mais centrada no estudante. A título de ilustração, o professor solicita que os estudantes observem a agitação molecular de modo a inferirem teoricamente sobre a lei do zero absoluto. Os estudantes no aplicativo irão introduzir uma das espécies e diminuir a temperatura até $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. A critério do professor, estas observações podem ser discutidas durante o experimento ou posteriormente por meio de um relatório ou na resolução de alguma atividade. Tais ações possibilitam a



implementação dos cinco pilares da ATA dentro de uma proposta de ensino ativo. Além disso, como destaca Paula (2017, p. 81), quando os estudantes fazem uso de aplicativos de simulação de laboratórios, eles são “desafiados a interpretar os resultados desses experimentos”.

Para Bachelard (2006), barreiras epistemológicas são entraves que surgem na cognição discente. Alguns desses experimentos selecionados no aplicativo emergem como ferramentas de mitigação a essas barreiras citadas por Bachelard. A Química explora o imaginário, e por não podermos ver átomos, elétrons ou moléculas, essa abstração científica pode ocasionar um desvio de aprendizagem. Os experimentos Introdução aos Gases e Estados e mudanças de fase podem auxiliar o discente a romper essa barreira do imaginário, possibilitando que o estudante passe a “ver” na ilustração moléculas e átomos, conseqüentemente compreendendo o Modelo cinético molecular. Os experimentos envolvendo Concentração e Escala Básica de pH apesar de não explorarem esse fator de “ver”, eles trazem uma realidade analítica que dificilmente seria possível alcançá-la, até mesmo em um laboratório físico da escola.

Por fim, cabe destacar que o aplicativo Simulações *PhET* não explora os conteúdos experimentais em sua totalidade, é preciso que o professor estruture sua aula com os conteúdos que serão estudados e ampliem as discussões em sala de aula (presencial ou virtual) com outros recursos.

Considerações finais

O aplicativo Simulações *PhET*, encontrado nesta pesquisa, apresenta possibilidades de experimentações digitais na Química permitindo a realização de atividades práticas na educação básica, através de *tablets* e/ou *smartphones* que podem pertencer aos próprios estudantes. Muitos dos aplicativos analisados não atendiam aos critérios da pesquisa, um dos motivos pode ser o fato de atividades experimentais digitais na Química serem recentes nas práticas pedagógicas e devido à pandemia os professores de Química precisam ou são obrigados a ministrarem suas aulas de forma virtual, aumentando a procura e interesse por esse tipo de experimento. Ademais, o



baixo número de aplicativos indica também a importância de que sejam elaborados novos aplicativos com objetivos pedagógicos para um ensino baseado na EDQ.

Cabe ressaltar que não estamos inferindo que é melhor utilizar o aplicativo em detrimento do laboratório físico, se na escola há condições e infraestrutura para realizar os experimentos, tal atividade deve ser realizada com os estudantes, oportunizando a construção do conhecimento. Todavia, com as limitações causadas pela pandemia, em que muitas aulas estão ocorrendo virtualmente, entendemos que o aplicativo analisado apresenta alternativas para uma aula experimental de Química no ambiente virtual, minimizando as lacunas que ocorreriam se esta aula fosse, por exemplo, realizada por meio da leitura de livros explicando o experimento ou da explicação oral do professor.

A EDQ não é algo paleativo apenas para aulas virtuais, se o julgamento docente levar em consideração os diversos fatores que dificultam a realização de uma aula experimental *in loco*, tais como o número de estudantes no laboratório, falta de materiais, falta de infraestrutura etc. sua utilização deve ser considerada como pujante para a construção do conhecimento na Química. Por outro lado, o aplicativo apresentado, bem como a proposta de intervenção, tem respaldo nos pilares da Aprendizagem Tecnológica Ativa, o que permite uma prática pedagógica centrada no estudante e ativa, em que o protagonismo do estudante dá-se-á através das interações com os experimentos, o suporte das tecnologias configura-se como o próprio uso do aplicativo. Além do papel docente que “organiza” todas as ações dentro da ATA avaliando como se deu a aprendizagem (ativa e significativa), uma vez que os discentes evidenciam a construção do próprio conhecimento.

Por fim, considerando o atual cenário da Educação brasileira, com as limitações das aulas ao ambiente virtual e/ou devido à falta de infraestrutura física, é provável que a EDQ se torne uma alternativa para as aulas em diversas escolas do ensino básico. Nesse sentido, os apontamentos desta pesquisa para o uso de aplicativos para o ensino de Química se mostram necessários para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre esta temática,



uma vez que nos próximos anos a tendência é que mais aplicativos digitais envolvendo a experimentação surjam, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem da Química.

Referências

ALFONSO, C. A. A. Estratégia didáctica para o desenvolvimento das práticas laboratoriais de electromagnetismo. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 1, p. 486-496, 2019.

BACHELARD, G. **A epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2006.

DOERR, H. M. Experiment, Simulation and Analysis: An integrated Instructional Approach to the Concept of Force. **International Journal of Science Education**, v. 19, n. 3, p. 265-282, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7º ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEAL, G. M.; SILVA, D.; DAMACENA, D. H. L; SOUSA, H. G. TIC e Educação em Química: análise das publicações nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química entre 2008 a 2018. **Kiri-Kerê-Pesquisa em Ensino**, n. 10, p. 182-200, 2021.

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

LEITE, B. S. Da aula presencial para a aula virtual: relatos de uma experiência no ensino virtual de Química. **Educación Química**, v. 31, n. 5, p. 66-72, 2020.

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

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

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

MAIA, C.; MATTAR, J. **O ABC da EAD: a educação a distância de hoje**. São Paulo: Makron Books, 2007.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. New York: Cambridge University Press, 2001.

MAZALLA JÚNIOR, W. **Introdução à química**. 3ª. ed. Campinas: Átomo, 2006.



MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

PAULA, H. F. Fundamentos pedagógicos para o uso de simulações e laboratórios virtuais no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 75–103, 2017.

REIS, R. S.; LEITE, B. S; LEÃO, M. B. C. Percepções sobre a incorporação das TIC em cursos de licenciatura em Química no Brasil. **Revista Debates em Educação**, v. 11, n. 23, p. 01-18, 2019.

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

SANTOS, C. E. M.; LEITE, B. S. Construção de um jogo educativo em uma plataforma de desenvolvimento de jogos e aplicativos de baixo grau de complexidade: o caso do Quizmica - Radioatividade. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 1, p. 193-202, 2019.

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, p. 135-159, 2015.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

VASCONCELOS, F. C. G. C. Considerações de licenciandos em Química sobre o uso de simulações PhET em aulas simuladas. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 14, 2016.

Sobre os autores

Douglas Lopes de Lira

douglas.lira@ufrpe.br

<https://orcid.org/0000-0002-8959-5957>

Mestre em Química (2022) pelo programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) na UFRPE. Graduado em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Pernambuco – IFPE (2016). Professor efetivo da rede Estadual de Pernambuco no componente curricular de Química.

Bruno Silva Leite

brunoleite@ufrpe.br

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



Doutor em Química (2016) pela Universidade Federal de Pernambuco. Licenciado em Química (2008) e Mestre em Ensino das Ciências (2011) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Docente da área de Métodos e Técnicas de Ensino do Departamento de Educação da UFRPE, Professor permanente no Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e no Programa de Pós-Graduação em Rede Nordeste de Ensino (RENOEN). Coordenador do grupo de pesquisa LEUTEQ (Laboratório para Educação Ubíqua e Tecnológica no Ensino de Química).

