

Ensino por Investigação de Equilíbrio Químico: o Uso dos Objetos Digitais de Aprendizagem do Site PHeT Interactive Simulations

Inquiry-Based Teaching of Chemical Equilibrium: Using Digital Learning Objects from PHeT Interactive Simulations

Rodrigo da Silva Ferraz^{*a}; José Wilson Pires Carvalho^a

^aUniversidade do Estado do Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. MT, Brasil.

^{*}E-mail: rodrigo.ferraz@unemat.br.

Resumo

A pesquisa focaliza o uso de Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA) por intermédio do Ensino por Investigação, para fomentar o ensino do Equilíbrio Químico, como alternativa à ausência de um laboratório de Química. A pergunta norteadora foi: “Como ODA combinado com o Ensino por Investigação, pode contribuir para o ensino dos conceitos de Equilíbrio Químico, levando em consideração a necessidade de visualização prática no ensino da Química?”. Este artigo é parte de uma dissertação de mestrado, cujo objetivo foi compreender as contribuições dos ODA no ensino do Equilíbrio Químico utilizando a metodologia do Ensino por Investigação. A pesquisa é de natureza qualitativa. O contexto de produção de dados é uma Escola Estadual localizado em uma cidade do interior do Estado de Mato Grosso, onde 20 alunos do 2º ano do Ensino Médio participaram da pesquisa. Na produção de dados foi aplicado um Roteiro de Entrevista Semiestruturada. A análise de dados foi realizada usando o método indutivo. Os resultados mostraram que na percepção dos alunos, o uso do PHeT Interactive Simulations, contribui na visualização dos fenômenos do Equilíbrio Químico e compreensão dos conceitos estudados, tornando as aulas mais dinâmicas, despertando o interesse dos alunos. Portanto, o uso de ODA por intermédio do Ensino por Investigação, pode contribuir para o Ensino do Equilíbrio Químico, porque permite a visualização de modelos moleculares associados a vários conceitos, muitas vezes abordado de modo puramente teóricos.

Palavras-chave: Tecnologias no Ensino. Ensino de Química. Laboratório Virtual.

Abstract

The research focuses on the use of Digital Learning Objects (DLO), through Inquiry-Based Teaching, to promote the teaching of Chemical Equilibrium as an alternative to the absence of a Chemistry laboratory. The guiding question was: “How can DLO, combined with Inquiry-Based Teaching, contribute to the teaching of the concepts of Chemical Equilibrium, taking into account the need for practical visualization in the teaching of Chemistry?” This article is part of a master’s thesis, which objective was to understand the contributions of DLO in the teaching of Chemical Equilibrium using the Inquiry-based Teaching methodology. The research is qualitative in nature. The data production context is a State School located in a city in the interior of the State of Mato Grosso, where 20 students from the 2nd year of high school participated in the research. In data production, a Semi-structured Interview Guide was applied. Data analysis was performed using the inductive method. The results showed that in the students’ perception, the use of PHeT Interactive Simulations contributes to the visualization of Chemical Equilibrium phenomena and understanding of the concepts studied, making classes more dynamic, arousing students’ interest. Therefore, the use of DLO through Inquiry-Based Teaching can contribute to the Teaching of Chemical Equilibrium because it allows the visualization of molecular models associated with various concepts, often approached in a purely theoretical way.

Keywords: Technologies in Teaching. Chemistry Teaching. Virtual Laboratory.

1 Introdução

Os Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA) segundo Alexandre e Barros (2020), são recursos digitais auxiliares no processo de ensino e aprendizagem presencial e a distância, sendo definidos em tipos, entre eles: vídeos, animações, imagens, simulação, software educacional, hipertexto e jogos. No contexto aqui discutido os ODA são tomados os recursos do *PHeT Interactive Simulations*, como recurso auxiliar na compreensão do conteúdo de “Equilíbrio Iônico da Água”.

Entre os temas mais abordados no Ensino Médio relacionados ao Equilíbrio Químico são a coexistência de reagentes e produtos; estado de equilíbrio e extensão

da transformação; variáveis que modificam o estado de equilíbrio; previsões quantitativas, modelos explicativos, pH de soluções aquosas, hidrólise salina, solubilidade, interação ácido-base (Silva, 2021). O estudo do Equilíbrio Químico é de grande importância na Química proporcionando compreender as reações químicas e as condições que afetam suas direções e extensões, o que facilita também para entender vários sistemas dentre eles: biológicos, ambientais e farmacêuticos, contribuindo para a pesquisa científica nessas áreas.

As simulações são importantes para a compreensão de diversos conteúdos de Química como as contidas no *PHeT Interactive Simulations* que disponibiliza vários simuladores que podem simular um laboratório virtual, o que muitas vezes

pode ser uma alternativa suprir a falta do laboratório físico. O *PHET Interactive Simulations* contém simulações na área de Ciências da Natureza, em específico simuladores que mostram fenômenos químicos a nível atômico e molecular como os processos que mostram em detalhe a “Escala de pH” (Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023; Milani Junior; Carvalho, 2020; Pascoim; Carvalho, 2021).

Gomes, Bilessimo e Silva (2020) discorrem que as aulas no ensino de ciências, podem tornar-se mais interessantes e os alunos mais motivados. O Ensino por Investigação, geralmente executados em laboratórios físicos, também podem ser realizados com o auxílio dos ODA, como os simuladores, no Ensino de Química.

O Ensino por investigação “fomenta o questionamento, o planejamento, a recolha de evidências, as explicações com bases nas evidências e a comunicação” (Lopes *et al.*, 2017, p.2). A inserção da prática investigativa nas aulas de Ciências favorece o processo de aprendizagem e possibilita que os alunos elaborem hipóteses a partir de conhecimentos prévios (Souza; Kim, 2021).

O ensino de Química enfrenta desafios, pois as aulas apenas expositivas, sem inovação, sem a relação da teoria e prática, podem levar ao desinteresse por parte dos alunos. É importante que seja realizado aulas experimentais, a inserção dos ODA, pode auxiliar o professor neste processo. Mas é necessário um bom planejamento por parte do professor e domínio da metodologia e tecnologia que pretende aplicar em sala de aula.

A pergunta que trouxe direção a pesquisa foi: Como ODA combinado com o Ensino por Investigação, pode contribuir para o ensino dos conceitos de Equilíbrio Químico, levando em consideração a necessidade de visualização prática no ensino da Química? Com o intuito de responder a esta questão, o objetivo do estudo foi compreender as contribuições dos ODA no ensino do Equilíbrio Químico utilizando a metodologia do Ensino por Investigação.

A pesquisa buscou a promover o uso de ODA em sala de aula, adotando a abordagem do Ensino por Investigação, devido à inexistência de um laboratório de Química na Escola Deputado João Evaristo Curvo em Jauru-MT. Sendo assim, os alunos utilizam simuladores, como alternativa a inexistência do laboratório de Química na Escola.

2 Material e Métodos

A pesquisa realizada adotou abordagens qualitativas que segundo Minayo (2004, p.22) são entendidas como aquelas capazes de incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações e às estruturas sociais, sendo essas últimas tomadas tanto no seu advento quanto na sua transformação, como construções humanas significativas.

Pode-se dizer que essas abordagens valorizam a compreensão das ações e relações sociais, considerando seus significados e intenções humanas fundamentais.

Para Martins (2004, p. 292) se há “característica

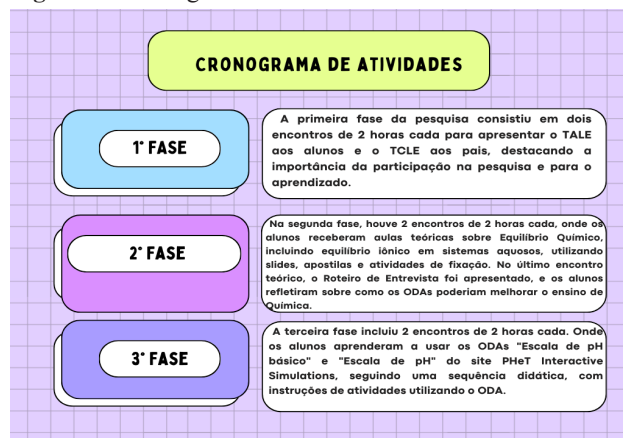
que constitui a marca dos métodos qualitativos ela é a flexibilidade, principalmente quanto às técnicas de coleta de dados, incorporando aquelas mais adequadas à observação que está sendo feita”. A flexibilidade é o centro nos métodos qualitativos, especialmente na escolha das técnicas de coleta de dados, adaptando-se para melhor se adequar à observação em curso.

O contexto da realização da pesquisa e da produção de dados foi a “Escola Estadual Deputado João Evaristo Curvo” situado no município de Jauru-MT, escola de Anos Finais e Ensino Médio e em 2023 possui um total de 713 alunos matriculados, sendo que no Ensino Médio há 308 alunos. Os participantes de pesquisa foram 20 alunos do 2º ano do Ensino Médio, turno matutino. Como os alunos são menores de idade, foi feito um “Termo de Assentimento Livre e Esclarecido” e um “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” aos pais responsáveis, para autorizar a participação deles na pesquisa e coleta dos dados (parecer do Comitê de Ética e Pesquisa-CEP da UNEMAT 5.166.409/2021).

Uma Sequência Didática foi elaborada, com o tema Equilíbrio Químico: Equilíbrio iônico em sistemas aquosos com os conteúdos “Equilíbrio Iônico da água”, “Produto iônico da água” e “Determinação do pH e pOH”. Para facilitar a comunicação, foi criado um grupo no Whatsapp, sem o intuito de produzir dados.

O instrumento de coleta de dados foi o Roteiro de Entrevista Semiestruturada que contou com: roda de conversa, questionário e anotações sobre o uso dos ODA no Ensino de Química e durante as atividades utilizando os ODA. Os roteiros foram aplicados ao final de cada atividade/ aula realizada (Figura 1), conforme a seguinte ordem: 1º Apresentação do projeto, conteúdo e termos; 2º utilização do ODA *Escala de pH Básico*; 3º aplicação do ODA *“Escala de pH”* seguindo a sequência didática, totalizando 12 horas de atividades entre maio e julho de 2022. Segundo Santos, Jesus e Battisti (2021, p. 2) “a entrevista pode ser caracterizada como semiestruturada, indicando a forma como será a abordagem adotada pelo entrevistador”.

Figura 1 - Cronograma de Atividades



Fonte: os autores

Os dados foram analisados pelo método indutivo, que se

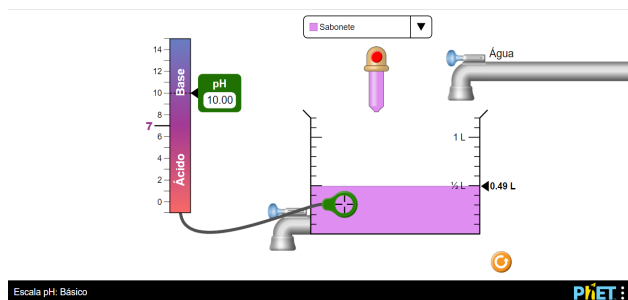
define pela observação de fatos. Segundo Brauner, Cigales e Soares Junior (2014), o método indutivo é um procedimento que incorpora observações ou dados específicos para chegar a conclusões.

2.1 Objetos digitais de aprendizagem utilizados

O *PHET Interactive Simulations* é um site educacional gratuito mantido pela Universidade do Colorado Boulder, que oferece uma ampla variedade de simuladores interativos de ciências e matemática. Esses simuladores são projetados para ajudar os alunos a aprenderem conceitos científicos e matemáticos complexos de uma maneira interativa e interessante.

Para esta pesquisa foi utilizado os ODAs Escala de pH básico e Escala de pH (Figura 2) que são simuladores que contemplam os estudos de Equilíbrio Químico: Equilíbrio Iônico em sistemas aquosos, Escala de pH, ácidos e bases.

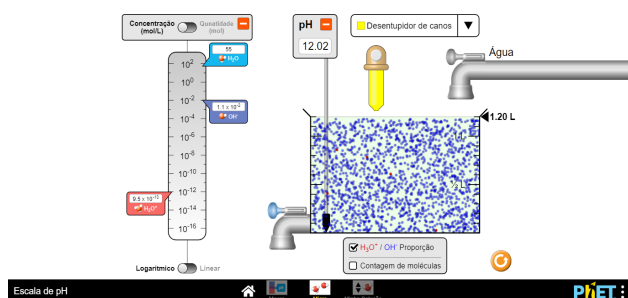
Figura 2 - Objeto Digital de Aprendizagem: Escala de pH básico



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale-basics/latest/ph-scale-basics_pt.html

O simulador Escala de pH básico do *PHET Interactive Simulations* é uma ferramenta educacional interativa que permite aos usuários explorar a escala de pH e as propriedades das substâncias ácidas e básicas (Figuras 2 e 3).

Figura 3 - Objeto Digital de Aprendizagem: Escala de pH básico



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_pt.html

Ainda para esta pesquisa foi utilizado o simulador Escala de pH, que é mais completo, pois mostra a quantidade de íons H^+ (hidrônios) e íons OH^- (hidroxila) e demonstra a proporção deles na solução (Figura 3).

3 Resultados e Discussão

Durante discussões iniciais sobre o tema “Equilíbrio iônico em sistemas aquosos” em roda de conversas, os alunos demonstraram insegurança e dificuldades na abordagem do assunto e para o bom andamento das atividades foi realizada a revisão de conceitos abordados no 1º ano do Ensino Médio, incluindo situações cotidianas relacionadas a ácidos e bases. Nesse sentido, o Ensino por Investigação visa fazer perguntas, investigar e resolver problemas em sala de aula para que os alunos entendam como funciona a ciência. É importante que antes de começar a utilizar o Ensino por Investigação, o professor esteja capacitado para utilizá-lo em sala de aula, para atuar como mediador do conhecimento e deve ter formas inovadoras de implementar o ensino em sala de aula (Cardoso; Scarpa; Campos 2018; Giordan, 1999; Pascoim; Carvalho, 2020; Oliveira *et al.* 2021).

Durante as conversas alguns alunos demonstraram ter domínio do assunto ácidos, associando-os à acidez de frutas cítricas e produtos de uso diário, como shampoo, condicionador e produtos de limpeza de piscina, indicando familiaridade com o pH e seu contexto. Também mencionaram experiências com substâncias alcalinas ao ajudar a preparar sabão caseiro com soda cáustica (NaOH impura) e álcool (etanol), evidenciando o contato prévio com essas substâncias em seu cotidiano.

A abordagem inicial do assunto foi realizando considerando que no processo de ensino e aprendizagem deve-se considerar os conhecimentos prévios dos alunos, para relacionar o conteúdo ao cotidiano do aluno e assim promover atividades experimentais em sala de aula. Gonçalves, Biagini e Guaita (2019) argumentam que é necessário criar uma estratégia pedagógica que leve em consideração esses aspectos para obter sucesso na atividade experimental em sala de aula.

Após a realização das atividades usando ODA, seguindo a sequência didática baseada no Ensino por Investigação, durante a roda de conversa os alunos foram questionados sobre “Quais as contribuições as atividades baseadas no ensino por investigação nas aulas de Química, utilizando os ODA?”:

Quadro 1 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A3	Essas investigações online, é possível trazer laboratório de química virtual e de uma forma mais divertida, prender a concentração dos alunos
A6	São vários os benefícios que podemos ter utilizando a tecnologia, como por exemplo usando alguns tipos de jogos sobre a matéria, fazendo com que assim os alunos se concentrem nas atividades

Fonte: dados da pesquisa.

Na ótica do estudante A3 há relevância de incorporar ODA para simular um ambiente virtual de laboratório de Química. Ele observa que essa abordagem resulta em maior concentração e interesse no conteúdo por parte dos alunos. Da mesma forma, A6 menciona que a concentração dos estudantes é ampliada em atividades que envolvem jogos, aplicativos online e a utilização de tecnologias. O processo de ensino se torna mais atraente e dinâmico quando os alunos se envolvem em atividades investigativas, o que facilita a

compreensão dos conceitos científicos. Além disso,

[...] os laboratórios virtuais utilizados no ensino de Química constituem importantes recursos didáticos para o avanço dos processos de ensino e aprendizagem, ao passo que podem contribuir para ações de mediação na construção do conhecimento (Pascoim; Carvalho, 2021, p. 152).

Com um planejamento adequado, formação sólida e motivação, o professor, com o suporte da escola, será capaz de desempenhar um papel significativo no aprendizado do aluno (Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023; Pascoim; Carvalho; Souto, 2019).

Os alunos foram perguntados “O que você acha dos ODAs inseridos em atividades em sala de aula?”:

Quadro 2 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A14	Acho algo bem legal, a tecnologia já faz parte da nossa vida, nosso dia a dia, mas tem que utilizar para ensino pedagógico, não para entrar em outras redes e se distrair da aula;
A16	Acredito que por estarmos na revolução técnico-científica, na qual a sociedade vive conectada a todo momento, mas somente no período de ensino em sala de aula é tirado esse acesso de todos, pode se considerar hipocrisia, pois na atualidade, o que os locais de trabalho procuram não é somente o saber da pessoa sobre determinado assunto, mas sem agilidade dela no meio virtual para resolver um problema.

Fonte: dados da pesquisa.

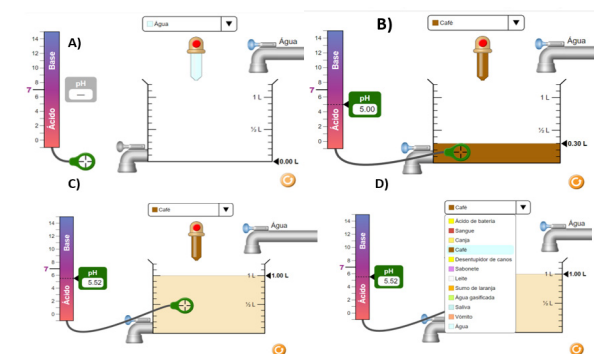
Conforme as palavras de A14 acerca da utilização consciente das tecnologias digitais, especificamente com propósitos pedagógicos é “legal”, ou seja, importante porque elas já fazem parte do cotidiano do aluno. Neste contexto, faz referência ao uso do dispositivo móvel, destacando que uma má administração deste recurso durante as atividades educacionais pode resultar em distração para o aluno. Por outro lado, o A16 argumenta que estamos em meio a uma Revolução Técnico-Científica, salientando a contradição existente na proibição do uso de celulares na sala de aula, postura mantida pela instituição escolar. O aluno A16 fundamenta sua posição na Lei nº 10.232, publicada no Diário Oficial de Mato Grosso em 29 de dezembro de 2014, que fala a utilização dos celulares para propósitos educacionais e os alunos foram informados pela direção da escola sobre a referida lei.

Contanto, o uso das tecnologias digitais em situação de ensino tem se mostrado um recurso importante no ensino aliado a um planejamento estimulam os alunos a participarem mais das aulas, mas na ausência de um planejamento, de uma preparação por parte do professor, a má administração dos ODAs, pode levar a distrações, e desorganização durante as atividades de ensino. Por isso, é necessário que o professor conheça a metodologia a ser aplicada em sala de aula para afastar imprevistos evitáveis (Pascoim; Carvalho, 2021).

É relevante mencionar o contexto das atividades educacionais relacionadas ao uso ODA “Escala de pH Básico” (Figura 4A). Nessa atividade, os alunos foram instruídos a identificar se uma solução era ácida, neutra ou básica, utilizando diferentes substâncias, cada aluno

selecionando três delas e registrando as classificações (Figura 4B). Além disso, os estudantes foram orientados a antecipar as possíveis alterações no pH de uma solução e seu volume ao adicionar água, indicando se o pH aumentaria, diminuiria ou permaneceria inalterado. Cada aluno escolheu duas substâncias, registrando o pH inicial e a quantidade de água adicionada, observando as variações no pH (Figura 4C). Ao finalizar esta atividade conduzida no ODA, os alunos foram incumbidos de elaborar uma lista de líquidos no aplicativo com base em seu caráter ácido ou básico, organizando-os na escala de pH de 1 a 14 (Figura 4D).

Figura 4 - Atividades de ensino para a utilização do ODA Escala de pH básico



4A (Interface principal do ODA); 4B (Solução de café adicionado); 4C (Água adicionada à solução de café); 4D (Lista de Substâncias presentes no ODA), representando as atividades no ODA Escala de pH básico.

Fonte: dados da pesquisa.

Os alunos trouxeram seus *feedbacks* ao usar o ODA, foi lhes feita a seguinte pergunta “Quais foram os pontos positivos do uso do aplicativo em situação de ensino?”:

Quadro 3 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A2	Maior agilidade
A3	Maior velocidade
A4	Aprendi mais rápido a matéria
A5	Desta forma pude visualizar o pH, a quantidade certa
A6	A praticidade e facilidade
A14	Porque ele chamou a atenção
A17	Fica mais prático

Fonte: dados da pesquisa.

Os alunos “A2, A3, A4, A14, A17” valorizam a rapidez e praticidade do ODA, destacando aprendizado ágil e chamativo. O aluno A5 destaca “[...] pude visualizar o pH[...]”, onde ele reconhece que o ODA contribuiu para relacionar com o conteúdo de Equilíbrio Químico, como vimos as diversas funcionalidades do ODA na Figura 4. O aluno A6 destaca a praticidade e facilidade, em alguns cliques o aluno pode ter acesso a várias substâncias e podem visualizar o pH das mesmas, como vimos na Figura 4B e 4C. Os simuladores são de fácil compreensão, e esses ODAs podem ser muito úteis na falta de um laboratório físico, onde uma simples simulação possibilitou a visualização do pH, e contribuiu para

que o aluno pudesse compreender o conteúdo de Equilíbrio Químico. Além disso, a presença da internet nas escolas pode impulsionar acesso rápido à informação, complementando ausência de laboratórios de química (Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023; Pascoim; Carvalho, 2021).

É oportuno destacar que ODA proporcionam um Ensino de Química interativo, participativo, fazendo com que os alunos possam facilmente visualizar as fórmulas químicas, partículas, estruturas submicroscópicas, isso é proporcionado pelos simuladores, que oferecem mecanismos para que possa visualizar, esses conceitos abstratos. Esses conceitos são abstratos no sentido que antes os alunos não tinham uma forma de representação desses conceitos. Após a visualização de fórmulas químicas, partículas, estruturas submicroscópicas, os assuntos têm mais significados para o aluno, pois ele pôde visualizar algo que era somente feito na teoria, no caso dos átomos e das moléculas por exemplo (Pascoim; Carvalho; Souto, 2019; Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023).

Contanto, a integração de ODAs deve acontecer de maneira que não deva visar substituir os métodos tradicionais de ensino e sim agregar inovação. A aplicação dos ODA em sala de aula, requer um processo de planejamento, considerando a individualidade dos alunos e sua familiaridade com esses recursos digitais, que também auxiliam na construção do conhecimento (Oliveira; Milani Junior; Carvalho, 2020; Oliveira, *et al.*, 2021).

Ainda foi perguntado aos alunos: “Como o uso dos ODAs na execução das atividades contribuíram para sua compreensão?”:

Quadro 4 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A6	Ajudando a entender melhor a matéria;
A9	Melhora a compreensão;
A10	Bom, pois simulou um laboratório;
A12	Como eu tenho controle das quantidades, a forma de entender fica mais fácil;
A15	<i>É fácil e rápido de compreender;</i>
A19	Porque eu sou focado na tecnologia, então influencia muito.

Fonte: dados da pesquisa.

O A6, A9, A15, A19, mencionaram que entenderam bem o conteúdo após entrar em contato com o ODA, Os alunos A10 e A12, mencionam detalhes da interface do ODA, como laboratório virtual, o controle das quantidades, como mostrado nas Figuras 4B e 4C, as quantidades de substâncias que se podem inserir, leva a mudança do pH. Ao realizar essas atividades investigativas, os alunos tiveram a oportunidade de perceber detalhes sobre equilíbrio químico e escala de pH, que podem facilitar o entendimento do conteúdo que neste contexto. Tendo em vista a investigação ocorreu usando como exemplo substâncias encontradas no cotidiano que muitas vezes passa despercebido as propriedades e associação a conceitos estudados em sala de aula.

Nesse contexto, pode ser tomado o café, canja, sabonete entre outras substâncias (Figuras 4 e 5). Além disso, assuntos

como concentração puderam ser simulados possibilitando a visualização do efeito da concentração na escala de pH e a ODA dar ênfase a variação da concentração em termo da tonalidade da mistura (Figura 4). É importante essa percepção no contexto do ensino do equilíbrio químico e escala de pH essa visualização porque a concentração é uma variável muito importante no estudo de diversos fenômenos químicos. De modo que no Ensino por Investigação, o aluno constrói conhecimento através de questionamentos, planejamento e condução de investigações, promovendo participação ativa, conceitualização e pensamento crítico (Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023; Milani Junior; Carvalho, 2020; Pascoim; Carvalho, 2021; Vidrik; Mello, 2016).

Nas Figuras 4 e 5, são apresentadas as simulações praticadas no ODA, simulando um laboratório virtual. Esse recurso possibilita aos alunos interagirem com diversas substâncias para determinar o pH, facilitando a compreensão do conteúdo relacionado ao Equilíbrio Químico. A utilização de ODAs que são capazes de representar experimentações, demonstra-se como um recurso educacional importante para fomentar o ensino de Equilíbrio Químico, trazendo ao aluno compreensão dos conteúdos anteriormente vistos (Pascoim; Carvalho; Souto, 2019; Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023).

Ainda sobre a Figura 5, o ODA “Escala de pH” assemelha-se ao apresentado na Figura 4, porém com funcionalidades adicionais, revelando a quantidade de íons H^+ e OH^- . Os alunos executaram atividades, selecionando substâncias, registrando suas quantidades e pH (Figura 5A), identificando as concentrações de íons H^+ e OH^- (partículas vermelhas e azuis, respectivamente) através da representação gráfica (Figura 5B). Determinaram se as substâncias eram ácidas, neutras ou básicas, anotando os pHs inicial e após diluição (Figura 5C). Finalmente, identificaram as concentrações de H^+ e OH^- para cada substância (Figura 5C e 5D).

De acordo com Alves (2020, p.510) os ODA devem ser utilizados pelos professores “[...] com o intuito de colaborar com o processo de aprendizagem dos estudantes, além de proporcionar o desenvolvimento dos conteúdos de Química de forma clara por meio de aulas mais criativas [...]”. Os ODAs possibilitam a visualização de diversos modelos que explicam conceitos químicos e a exemplo do Equilíbrio Químico, existem simuladores que possibilitam a visualização dos processos que dão origem a escala de pH e o valor desses parâmetros para substâncias presentes no nosso cotidiano.

Quando os alunos foram perguntados: “Quais foram as principais facilidades encontradas durante as atividades com aplicativo?”, e eles deram os seguintes *feedbacks*:

Quadro 5 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

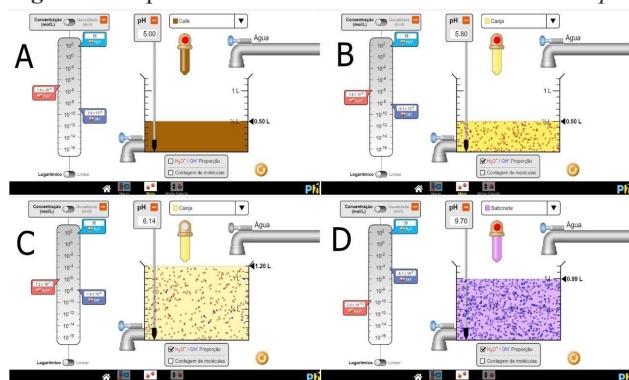
A5	O aplicativo é bastante fácil de mexer e de aprender;
A9	A automação online de um laboratório;
A10	Contato facilitado com diversas substâncias;
A12	Determinar o pH;
A13	A maneira de compreender o conteúdo;
A16	A maneira de compreender o conteúdo;

Fonte: dados da pesquisa.

O A5, A13 e A16 ressaltaram a facilidade de uso e compreensão do ODA, destacando sua contribuição para o ensino de Química. Já A9, A10 e A12 demonstram compreensão sobre Equilíbrio Químico relacionando ao uso do ODA (Figuras 4 e 5).

Nesse sentido, os simuladores são importantes recursos, capazes de potencializar o Ensino de Química, em específico, os conteúdos de Equilíbrio Químico, fazendo o papel de mediação na construção do conhecimento, por permitir a visualização muitas vezes com detalhes das variáveis como a concentração e pH da mistura. É necessário observar que química é também uma ciência visual tendo em vista que muitos fenômenos são acompanhados por mudanças físicas e as vezes acompanhado por mudança de coloração, como simulado nas Figuras 4 e 5. Nesse sentido, os ODA são construídos buscando representar os fenômenos químicos oferecendo a oportunidade de visualização dessas mudanças a nível atômico e molecular com ênfase no qualitativo e quantitativo das espécies no meio de forma simulada (Giordan, 1999; Gonçalves; Biagini; Guaita, 2019; Kosminsky; Giordan, 2002; Pascoim; Carvalho, 2021).

Figura 5 - Representando as atividades no ODA *Escala de pH*



5A (Visualização íons H^+ e OH^- do Café no painel à direita); 5B (Visualização íons H^+ e OH^- da Canja no recipiente); 5C (Visualização íons H^+ e OH^- da Canja no recipiente após adição de água); 5D (Visualização de íons H^+ e OH^- do Sabonete no recipiente),
Fonte: dados da pesquisa.

A seguinte pergunta foi realizada: “Sobre a aula com ODA que simulou o laboratório virtual, foi fácil de utilizar? Quais as dificuldades encontradas?”:

Quadro 6 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A15	Sim, é fácil de entender
A16	Um ensino melhor e com mais participação dos alunos
A17	Sim, muito fácil, não encontrei nenhuma dificuldade

Fonte: dados da pesquisa.

OA15, A16 e A17, relatam sobre a “facilidade de entender”, “ensino melhor”, “não encontrei nenhuma dificuldade”, o que pode se identificar que os alunos não possuem dificuldades em manusear o ODA, e o mesmo melhora a dinâmica do ensino e a participação dos alunos. Observando a Figura

5, a visualização do pH, das quantidades, dos íons, tanto no recipiente quanto no painel ao lado, contribui para que o aluno entenda esses conceitos de ácido-base, dentro do conteúdo de Equilíbrio Químico em diferentes aspectos, seja da modelagem e/ou simulação. Os ODA contribuem para que conceitos químicos que não podem ser visualizados na teoria e na prática em laboratório real, sejam visualizados através da simulação, a exemplo do Equilíbrio Químico, que podem simular a visualização da Escala de pH de diversas substâncias, como por exemplo no *PHeT Interactive Simulations* (Alves, 2020; Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023).

Também foi perguntado aos alunos “O que lhe chamou mais atenção nas atividades usando ODA *PHeT Interactive Simulations* - Escala de pH?”

Quadro 7 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A1	A facilidade;
A6	A tecnologia do simulador;
A10	Laboratório de química, experimentos que não podemos fazer presencialmente;
A15	A forma ilustrativa e a simulação;
A17	A fluidez do aplicativo;
A18	O realismo na precisão.

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando as falas, é percebido o interesse dos alunos pelos ODA, pois são facilmente acessíveis tecnologicamente, como observado pelos comentários dos participantes A1 e A6, a interação dos alunos com o ODA se mostrou estimulante nas atividades investigativas realizadas. Conforme mencionado por A10, os ODA permitem realizar “experimentos que não podemos fazer presencialmente”, em outras palavras, ele está enfatizando que os ODA podem ser recursos úteis e precisos quando um laboratório real *não está disponível* ou até mesmo completar, ampliando assim as oportunidades de aprendizado. Os ODA trazem uma grande contribuição ao ensino da Química, possibilitando que os estudantes visualizem fórmulas, partículas e estruturas microscópicas de maneira simples e interativa, isso é viabilizado por meio de simuladores que permitem a visualização desses conceitos complexos (Pascoim; Carvalho; Souto, 2019; Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023).

O A15 aborda “a forma ilustrativa e a simulação”, A17 salienta a “fluidez do aplicativo[...]” e A18 “o realismo na precisão” (Figura 5). O pH, que mede a acidez de uma substância, geralmente é medido pelo aparelho denominado pHmetro, ou através de produtos específicos. Mas, os ODA utilizados neste trabalho, podem simular essa medição de pH de forma visual, ilustrativa e educativa, substituindo a necessidade de usar esses produtos ou aparelhos reais.

Quando questionados sobre as experiências vivenciadas durante as atividades investigativas usando ODA, os alunos comentaram sobre as mudanças de pH no simulador quando é adicionado água ao meio:

Quadro 8 - Roteiro de Entrevista Semiestruturada

A2	De acordo com a substância colocada ela pode aumentar ou diminuir;
A10	Vai depender da substância utilizada;
A15	Depende da mistura o pH muda
A18	Depende do produto, quando uma solução básica é misturada com a água, o pH cai

Fonte: dados da pesquisa.

Após a investigação com o ODA, os alunos A2, A10, A15 e A18 perceberam que a adição de água altera o valor de pH ao ser misturada com outras substâncias, ácidas ou básicas. O ODA demonstrou que, em meio ácido, adicionar água faz aumentar o pH, enquanto em meio básico, o pH diminui. A água tem um efeito de alterar o pH em direção a neutralização, (pH se aproxima de 7,0) em ambas as situações ocorre devido a diluição (Figura 5C e 5D). Nesse sentido, o método de Ensino por Investigação se propõe a fomentar a formulação de questionamentos, a investigação e a resolução de problemas em ambiente escolar, com o intuito de promover o entendimento dos alunos acerca dos princípios científico. É importante a adoção do Ensino por Investigação nas práticas de ensino com uso de ODA em sala de aula, como forma de estimular a curiosidade do aluno e a construção do saber. Além disso, os ODA podem trazer contribuição ao Ensino de Química, na ausência de um laboratório de Química real, podemos utilizar esses ODA de simulações, como o *PHET Interactive Simulations*, permitindo a compreensão dos conceitos Químico (Giordan, 1999; Cardoso; Scarpa; Campos 2018; Pascoim; Carvalho, 2020; Oliveira *et al.* 2021; Ferraz; Carvalho; Negreiros, 2023).

4 Conclusão

Os resultados alcançados no referido estudo mostram que os ODA combinado com o Ensino por Investigação, pode contribuir para o ensino dos conceitos de Equilíbrio Químico, devido proporcionar a visualização de simulações de fenômenos químicos a nível atômico e molecular e observar mudanças de parâmetros como a concentração e valor de pH. Além disso, os ODA permitem a interação que é fundamental conectar o assunto de Equilíbrio Químico a situações cotidianas, explorando temas como Equilíbrio Iônico em soluções aquosas, a autoionização da água, escalas de pH e pOH, o produto iônico da água, acidez e basicidade. Isso porque as atividades investigativas envolveram exemplos de substâncias cotidianas em simulações como a da escala de pH pode estimular a compreensão dos alunos.

Os ODA revelaram-se valiosos, tornando os tópicos e momentos de ensino mais atrativos, dinâmicos e interativos para os alunos. Os resultados da pesquisa indicaram que o uso dos ODAs contribuiu significativamente para o entendimento do Equilíbrio Químico e dos fenômenos relacionados.

Considerando que o conteúdo de Equilíbrio Químico necessita de visualização, os ODA, contribuíram para que pudessem visualizar o pH, entrando em contato com diferentes

substâncias disponíveis no ODA, conseguiram explorar as substâncias ácidas e básicas. Por intermédio do Ensino por investigação conseguiram descobrir quando a concentração de íons H^+ e OH^- estavam indicando que uma substância é ácida ou básica, contribuiu para que os alunos entendessem a autoionização da água, quando da visualização do pH de uma substância, após a adição de água com outras substâncias, enfim. Os ODA contribuíram em diversos aspectos para que se pudesse compreender o Equilíbrio Químico de forma prática utilizando o ODA, por intermédio do Ensino por Investigação, onde as sequências didáticas fizeram com que os alunos seguissem o roteiro prático e entendessem as situações ali propostas.

No entanto, o uso de ODA ainda representa um desafio para muitos professores, especialmente no ensino de Química, uma componente curricular frequentemente percebida como difícil e que muitas vezes não dispõe de laboratórios de Química para uso. Por outro lado, a constante evolução das tecnologias educacionais implica a necessidade contínua de aprimoramento por parte dos professores, buscando formas inovadoras de atender às necessidades de ensino e aprendizagem dos alunos.

Referências

- ALEXANDRE, M. R.; BARROS, D. M. V. *Objetos Digitais de Aprendizagem: aspectos inclusivos e inovadores em contextos online*. ESUD, CIEDUD, 2020.
- ALVES, T.R.S. Os objetos de aprendizagem no ensino de química: um levantamento exploratório junto a professores do ensino médio. *Sci. Nat.*, v. 2, n. 2, 2020.
- BRAUNER, C. F.; CIGALES, M. P.; SOARES JUNIOR, R. C. Algumas considerações sobre a teoria interpretativista e o método indutivo na pesquisa social. *Rev. Querubim*, v. 10, n. 22, 2014.
- FERRAZ, R. S.; CARVALHO, J. W. P.; NEGREIROS, C. L. O uso dos objetos digitais de aprendizagem “Massa Molar” e “Concentrações” no Ensino Médio durante o ensino remoto. *Educitec*, v. 9, p. e205723, 2023. doi: 10.31417/educitec.v9.2057.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1999.
- GIORDAN, M.; GÓIS, J. Telemática educacional e ensino de Química: considerações em torno do desenvolvimento de um construtor de objetos moleculares. *Relatec*, v. 3, n. 2, p. 41-60, 2004.
- GOMES, A. L.; BILESSIMO, S. M. S.; SILVA, J. B. Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação. *Exp. Ens. Ciênc.*, v. 15, n. 1, p. 499-519, 2020.
- GONÇALVES, F. P.; BIAGINI, B.; GUAITA, R. I. As transformações e as permanências de conhecimentos sobre atividades experimentais em um contexto de formação inicial de professores de química. *Investig. Ens. Ciênc.*, v. 24, n. 3, p. 101-120, 2019. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p101.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre cientista entre estudantes do ensino médio. *Quím. Nova na Escola*, n. 15, p. 11-18, 2002.

LEGISWEB. *Decreto n.º 10232 de 29/12/2014* - Estadual - Mato Grosso - LegisWeb. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=279729>. Acesso em: 17 out. 2023.

LOPES, R. S. et al. Habilidades sociais, estratégias de aprendizagem e desempenho acadêmico de alunos participantes e não participante do PIBID. *Sci. Plena*, v. 13, n. 5, 2017.

MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educ. Pesq.*, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004.

MILANI JUNIOR, J.; CARVALHO, J.W.P. AnReQuim: um recurso digital para o ensino de Química. *Rev. Signos*, v. 41, n. 2, p. 34-59, 2020.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Hucitec, 2004.

OLIVEIRA, F. C. et al. QUILEGAL: um recurso para o ensino de Ciências Naturais. *South Am. J. Bas. Educ. Technical Technol.*, v. 8, n. 2, p. 707-730, 2021.

OLIVEIRA, F. C.; MILANI JUNIOR, J; CARVALHO, J. W. P. Uso de aplicativos no ensino de química orgânica na percepção de discentes. *Rev. Educ. Cultura Contemp.*, v. 17, n. 49, p. 86-103, 2020.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P.; SOUTO, D. L. P. Ensino de Química orgânica com o uso dos Objetos Digitais de Aprendizagem ATOMLIG e Simulador construtor de moléculas. *Rev. Signos*, v. 40, n. 2, 2019.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. Objeto Digital de Aprendizagem como proposta pedagógica para o Ensino de Química. *Rev. Eletr. Cient. Ens. Interdisc.*, v. 6, n. 17, 2020.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. Representações quantitativas em laboratórios virtuais para o ensino de Química. *Rev. Ens. Educ. Ciênc. Hum.*, v. 22, n. 2, p. 152-159, 2021. doi: 10.17921/2447-8733.2021v22n2p152-159.

SANTOS, A. F.; JESUS, G. G.; BATTISTI, I. K. Entrevista Semi-estruturada: considerações sobre esse instrumento na produção de dados em pesquisas com abordagem qualitativa. *Salão Conhec.*, v. 7, n. 7, 2021.

SASSERON, L. H. *O ensino de ciências por investigação: pressupostos e práticas*. PLC0704 - Fundamentos Teórico-Metodológicos para o Ensino de Ciências: a Sala de Aula. Licenciatura em Ciências – USP/Univesp – Módulo 7. 2014.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estud. Avan.*, v. 32, n. 94, p. 25-41. doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>.

SILVA, D. L. *Equilíbrio Químico: Tendências do ensino e aprendizagem em publicações científicas a partir da análise de periódicos nacionais e internacionais*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2021.

SOUZA, E. B.; KIM, S. C. Ensino de Ciências por investigações: uma sequência didática para o Ensino Fundamental I. *Rev. Educ. Pública*, v. 21, n. 6, 2021

VIDRIK, E. C. F.; MELLO, I. C. Ensino de química por investigação em um centro de educação de jovens e adultos. *Rev. Polyphonia*, v. 27, n. 1, p. 555-571, 2016. doi: 10.5216/rp.v27i1.42331.