

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Jade Carvalho Ferreira

**A percepção de professores de química do Ensino Superior sobre
experimentos didáticos controlados remotamente: um estudo a
partir da construção de uma titulação ácido-base**

ITAJUBÁ

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Jade Carvalho Ferreira

**A percepção de professores de química do Ensino Superior sobre
experimentos didáticos controlados remotamente: um estudo a
partir da construção de uma titulação ácido-base**

Dissertação submetida à banca geral examinadora
como requisito para obtenção do título de mestre em
Educação em Ciências pelo Programa de Pós-
Graduação em Educação em Ciências da
Universidade Federal de Itajubá.

Área de concentração: Educação e Tecnologia

Orientador: *Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior*

Coorientador: *Prof. Dr. Thiago Costa Caetano*

ITAJUBÁ

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Jade Carvalho Ferreira

**A percepção de professores de química do Ensino Superior sobre
experimentos didáticos controlados remotamente: um estudo a
partir da construção de uma titulação ácido-base**

Dissertação submetida à banca geral examinadora como requisito para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior (Orientador)

Prof. Dr. Thiago Costa Caetano (Coorientador)

Profa. Dra. Daniele Trajano Raupp (Avaliadora externa)

Profa. Dra. Jane Raquel Silva de Oliveira (Avaliadora interna)

ITAJUBÁ

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Itajubá por ter sido o local onde realizei minhas duas graduações e onde estou realizando o mestrado. Toda a estrutura, corpo docente e experiências proporcionadas pela instituição me permitiram construir esta pesquisa, e posso dizer com muita alegria: orgulho de ser química pela UNIFEI!

Agradeço à todos os professores do Instituto de Física e Química, em especial aqueles com que tive a chance de trabalhar diretamente: Fábio Lisboa, Luciano Fernandes, Eduardo Bittencourt, Juliana Fedoce e Milady Apolinario. Meu agradecimento especial aos professores Evandro Fortes Rozentaliski, Jane Raquel de Oliveira, Geise Ribeiro e Paulo Cezar Nunes, este último sendo o motivo que ingressei no mestrado. Vocês são referência de ética, empatia, dedicação ao trabalho e aos seus alunos e muitas vezes foram o motivo de eu ter continuado seguindo em frente na Instituição. Minha gratidão a vocês vai além do que consigo colocar em palavras.

Agradeço ao meu grupo de estudo TecDec por todas as discussões e conhecimentos compartilhados neste um ano e meio, principalmente à professora Alessandra Rodrigues.

Agradeço à equipe do Laboratório Remoto por todo apoio durante a construção desta pesquisa, principalmente ao meu coorientador Thiago Costa Caetano pelas inúmeras conversas, risadas e debates. Você é a alma desse laboratório Thiago, e esta pesquisa não teria se concretizado sem você.

Agradeço ao meu colega de linha de pesquisa, Thiago Coimbra, pelo apoio nos momentos difíceis, pelos cafezinhos durante as manhãs e pelas inúmeras conversas que me ajudaram não só a construir ideias para este texto, como também a me divertir.

Meu agradecimento mais que especial ao meu orientador Mikael Frank Rezende Júnior que me deu liberdade para escolher quais caminhos trilhar com esta pesquisa e sempre esteve presente para fazer críticas, elogios e ser o apoio que eu precisava para este mestrado. Tivemos pouco tempo juntos, mas os aprendizados que tive contigo, tanto profissionais quanto pessoais, irei carregar por toda a vida.

Agradeço à minha família escolhida ao longo da vida, àqueles que estão comigo há anos (Amanda Beatriz e Diego do Prado Barbosa), e àqueles que foram se juntando à minha caminhada mais recentemente (Leonardo Censi Lemos e Lucas Mariz).

Agradeço ao Igor Gonçalves por ter passado por muitos dos momentos de cansaço e de dificuldades comigo na reta final. Obrigada por ser quem é e por estar do meu lado mesmo sem entender muitas vezes o que eu faço. Você é o motivo de muitas das minhas risadas e tornou esse mestrado muito mais leve.

Agradeço imensamente à minha família, meu pai, José Wilson, minha mãe, Ana Lúcia, minha irmã July, e minha avó, Maria Elizabeth, que podem até não entender muito bem a pesquisa e sempre perguntam “mas você trabalha com o que?”, mas que me deram a possibilidade de chegar até aqui e que continuam me dando todo apoio para que eu busque o caminho que vai me fazer mais feliz. Obrigada por serem inspiração e porto seguro.

Por fim, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo fomento da pesquisa na forma da minha bolsa de pesquisa, e também à CAPES e ao CNPq pelo fomento ao Laboratório Remoto.

RESUMO

O trabalho investigou as percepções de professores de química do Ensino Superior sobre o uso de TDIC no Ensino de Química, e analisou qualitativamente as percepções destes docentes sobre o uso didático de um experimento controlado remotamente. Os critérios de seleção dos participantes foram docentes que lecionaram Química Geral Experimental em algum momento de sua carreira e pertencentes ao quadro de docentes do curso de Química em uma Universidade Federal do sul de Minas Gerais, não sendo feita quaisquer distinções com relação à respectiva formação ou área de atuação destes docentes. A construção do Experimento Didático Controlado Remotamente (EDCR) sobre Titulação Ácido-Base e todas as etapas de idealização, modelagem e programação foram realizadas em um Laboratório Remoto. Após a validação do protótipo do experimento, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com o objetivo de compreender qual o papel da experimentação na química, como os entrevistados utilizam as TDIC em suas aulas, qual a compreensão sobre experimento remoto e quais as percepções sobre o EDCR construído. A análise dos dados revelou resistência por parte destes docentes com relação ao uso das TDIC em contextos experimentais, e um desconhecimento sobre o que são experimentos remotos e como eles podem ser utilizados no contexto da química. Ao serem apresentados com um experimento desenvolvido com objetivos didáticos, a percepção dos professores foi alterada, fazendo com que passassem a considerar a utilizarem a TDIC em suas práticas experimentais como uma ferramenta auxiliar para o processo de ensino da química

Palavras chave: Experimento Didático Controlado Remotamente; Ensino de Química; Titulação Ácido-Base;

ABSTRACT

This study investigated the perceptions of higher education chemistry teachers about the use of ICT in chemistry teaching and qualitatively analyzed their perceptions on the didactic use of a remotely controlled experiment. The selection criteria for the participants were teachers who had taught General Experimental Chemistry at some point in their career and who belonged to the chemistry course faculty at a Federal University in the south of Minas Gerais, Brazil. With no distinction being made regarding the respective training or area of expertise. The construction of the Remote Controlled Didactic Experiment (ECDR) on Acid-Base Titration and all stages of idealization, modeling, and programming were carried out in a Remote Laboratory. After validating the experiment prototype, semi-structured interviews were carried out with the aim of understand the role of experimentation in chemistry, how the interviewees use ICT in their classes, their understanding of remote experiments, and their perceptions of the EDCR built. The data analysis revealed resistance from these teachers to the use of ICT in experimental contexts and a lack of knowledge about what remote experiments are and how they can be used in the context of chemistry teaching. When presented with an experiment developed with didactic objectives, the teachers' perception changed, leading them to consider using ICT in their experimental practices as an auxiliary tool for the chemistry teaching process.

Key-word: Remote Controlled Didactic Experiment; Chemistry Teaching; ICT, Acid-Base Titration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de uma Revisão Integrativa.....	33
Figura 2 - Quantitativo da Revisão Integrativa	34
Figura 3 - Quantitativo de resultados para o termo "Laboratório Virtual"	36
Figura 4 - Quantitativo de resultados para os termos "Experimento Remoto" e "Laboratório Remoto"	39
Figura 5 - Aparato para realização de uma titulação.....	47
Figura 6 - Elementos da Titulação ácido-base controlada remotamente.....	48
Figura 7 - Visualização das válvulas e tubulações conectadas aos reservatórios	49
Figura 8 - Câmera apontada para a bureta.....	50
Figura 9 - Câmera apontada para o béquer.....	51
Figura 10 - Circuito mecânico do experimento.....	52
Figura 11 - Interface do ECR Titulação	53
Figura 12 -Visualização do menisco	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de Inclusão da Revisão Integrativa	35
Quadro 2 - Agrupamentos iniciais da Revisão Bibliográfica.....	35
Quadro 3 - Agrupamentos iniciais da Revisão Bibliográfica.....	38
Quadro 4 - Proposta de categorização	42
Quadro 5 - Etapas metodológicas.....	43
Quadro 6 - Agrupamentos dos dados das entrevistas	58
Quadro 7 - Identificação dos sujeitos	59
Quadro 8 - Agrupamentos dos dados das entrevistas.....	61

LISTA DE VÍDEO

Vídeo 1 - Visualização do EDCR de Titulação Ácido-Base.....	53
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS

TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
ECR	Experimentos Controlados Remotamente
EDCR	Experimentos Didáticos Controlados Remotamente
LR	Laboratórios Remotos
ES	Ensino Superior
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EaD	Educação a Distância
CEP	Comité de Ética em Pesquisas
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
SIM	Simulações
CD	Conjunto Didático
AV	Ambientes Virtuais
MD	Mídias Digitais
NaOH	Hidróxido de Sódio
HCl	Ácido Clorídrico

SUMÁRIO

PREÂMBULO	13
1 INTRODUÇÃO	16
2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	19
2.1 A ciência Química e a experimentação	19
2.2 Tecnologia na Educação em Ciências e os Experimentos controlados remotamente	25
3 Experimentos Controlados Remotamente no Ensino de Química: uma revisão integrativa	31
3.1 Laboratórios Virtuais.....	36
3.2 Laboratório Remoto e Experimento Remoto	38
4 METODOLOGIA	43
4.1 Construção de um Experimento de Titulação Ácido-Base Controlada Remotamente	44
4.2 Percurso Metodológico	55
4.3 Metodologia de análise.....	57
4.4 Contexto dos sujeitos	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5.1 Experimentação na Química	61
5.2 Uso das TDIC.....	65
5.3 Compreensão sobre Experimento Remoto	70
5.4 Apresentação do experimento remoto.....	74
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – Referências Bibliográficas da Revisão Integrativa contendo o termo “Laboratório Virtual”	90
APÊNDICE B –Referências Bibliográficas da Revisão Integrativa contendo os termos Laboratório Remoto e Experimento Remoto.....	96
APÊNDICE C – Roteiro das Entrevistas	100
APÊNDICE D – Questionário sobre o Experimento Remoto	102

PREÂMBULO

Acredito que para iniciar esse preâmbulo seja necessário contextualizar de maneira breve minha história de vida. Natural de São Lourenço, sul de Minas Gerais, fui filha única por 14 anos. Sempre tive como exemplo que disposição para o trabalho eram a chave para mudanças sociais e cresci em uma família de bastante luta, mas com bastante diversão. Rodeada de natureza e sempre incentivada a sonhar, nunca tive muita certeza de qual caminho profissional seguir.

Durante todo meu Ensino Básico (que foi feito quase que integralmente na rede pública) tive facilidade com as disciplinas de ciências e de exatas e evitando, sempre que possível, as linguagens. Foi no Ensino Médio que tive meu primeiro contato com o que era faculdade, e isso se tornou um objetivo primeiramente da minha família e depois para mim. No 3º ano do Ensino Médio, consegui uma bolsa de estudos para um colégio particular de minha cidade, e foi ali que eu tive meu primeiro choque de realidade.

A experiência de vida de meus colegas era totalmente diferente da minha, a maneira com que encaravam os estudos e as oportunidades que tiveram ao longo de suas vidas. Para eles, ser praticamente fluente em inglês aos 16 anos era algo comum. Se mudar para fazer faculdade em outro estado, uma realidade plausível. Neste último ano de Ensino Básico, lá em 2015, tomei a decisão de cursar Química, sendo aprovada em duas instituições. Por medo de sair da minha cidade, receio de viver sozinha e outras tantas inseguranças, não ingressei na faculdade em 2016.

Decidida a viver em São Lourenço, comecei a procurar emprego e iniciei como Jovem Aprendiz na Unimed Circuito das Águas, experiência essa que me ensinou muita coisa. No final de 2016, a empresa realizou uma Ação Social e eu me engajei muito na atividade, sem entender muito bem o porquê aquilo me despertava tanto interesse. Ainda neste ano, decidi realizar novamente o ENEM e tomei como decisão: só iria para a faculdade se fosse na UNIFEI.

O ano de 2017 se inicia e os resultados do vestibular também. Primeira chamada, nada. Segunda chamada, nada. A lista rodou e, na quarta chamada, já com duas semanas de aula, saiu minha aprovação para cursar Química Bacharelado. A mudança foi corrida e caótica, assim como todo o primeiro semestre. Tive dificuldades com as disciplinas específicas e com as de exatas, dificuldade em fazer amigos, em aprender a lidar com as coisas da “vida adulta” e quis trancar o curso. E foi no segundo semestre do curso que conheci algo que iria mudar toda minha trajetória: a Extensão Universitária.

Ingressei como voluntária no Grupo de Teatro de Divulgação Científica QuiTrupe e aquele foi o primeiro momento que consegui ver como a ciência podia impactar a sociedade. Foram diversas apresentações em creches e escolas, e foi neste projeto que tive a oportunidade de realizar minha primeira pesquisa científica. Em 2018 e nos anos seguintes de graduação, me interessei por diversos outros projetos de extensão e, muitas vezes, minha energia e dedicação era maior neles do que na faculdade.

Foram ações sociais, ONG's, Iniciações Científicas, grupos de teatro, eventos acadêmicos, cursinhos populares, projetos sociais, entre tantos outros que conseguiram me fazer enxergar a relação que existe entre Universidade, conhecimento científico e sociedade.

Já no final da minha graduação no bacharelado em 2020, a pandemia de COVID-19 assola o mundo e a minha vida, como a de todos, virou de cabeça para baixo. Tive que retornar para a minha cidade natal, terminar minha faculdade a distância, tentando diversos processos seletivos e sendo rejeitada em todos. Foram meses de muita insegurança e também introspecção. Neste ano, ingressei como voluntária em um Cursinho Assistencial da UNIFEI (o CATS) e comecei a me interessar muito por ações de impacto social. No final de 2020, eu tinha claro que a educação era um caminho que fazia sentido para a minha vida, e estava decidida a ingressar na área.

Ainda com as aulas a distância, realizei minha portação de diploma e em 2021 ingressei no curso de Química Licenciatura, não podendo vivenciar de maneira presencial diversas experiências, como os estágios. No final deste ano, meu professor e amigo Paulo Nunes, com quem eu havia iniciado o TCC, perguntou porque eu não tentava o Mestrado em Educação da UNIFEI, ideia que nunca havia me ocorrido antes. Meio que na pressa, submeti um projeto sem nem conhecer as linhas de pesquisa e os possíveis orientadores do programa e, novamente, acabei sendo surpreendida.

Em 2021 eu era bolsista de uma atividade de extensão intitulada Colóquios Interdisciplinares, e uma das últimas falas do ano foi do professor Thiago Costa Caetano sobre o Laboratório Remoto. Acompanhei atenta e fascinada a fala dele, falando para minha colega de projeto: “eu quero trabalhar com isso”.

Eu não sabia nada da área, nunca havia mexido com modelagem, programação ou desenvolvimento de um experimento. Ainda que insegura, eu estava determinada a ingressar nesse projeto e, ao final do processo seletivo de mestrado, saiu minha orientação com o professor Mikael. A animação e o medo de mudar de área eram grandes. Minha primeira formação é o bacharelado, minhas experiências com a educação foram todas a distância, e em 2022 eu retorno para Itajubá e começo a viver, de maneira formal, a educação.

No primeiro ano de mestrado não consegui a bolsa e para conseguir me sustentar aqui, me inscrevi em um projeto de extensão. Ao final de 2022, apareceu uma possibilidade de lecionar aulas de química em São Lourenço e precisei conciliar o mestrado, as aulas e também o TCC e meu último ano de licenciatura! Foi um ano desafiador, e eu só consegui sobreviver a ele com o apoio dos meus amigos, família e dos meus dois orientadores que foram compreensivos quando necessário, mas também cobravam aquilo que era preciso.

Em 2023, prestei novamente o processo seletivo para bolsa e dessa vez consegui, o que impactou de maneira positiva minha dissertação. A dedicação exclusiva ao realizar pesquisas acadêmicas é um diferencial importante, que reflete diretamente na qualidade do que está sendo apresentado.

A definição do projeto de pesquisa foi relativamente rápida: eu queria trabalhar com extensão na forma do laboratório remoto, relacionando com a comunidade itajubense, e meu orientador gostaria de desenvolver um experimento de química. Foram diversas reuniões para definir como poderíamos realizar essa pesquisa, tendo como cenário ideal que iríamos desenvolver e deixar totalmente funcional um experimento e aplicá-lo com alunos. Porém, devido a limitação de tempo e incertezas se seria realmente possível criar um experimento de química em um ano (visto que o Laboratório Remoto só possuía experimentos de física até então), optamos por um caminho que pareceu mais viável: desenvolver o experimento e compreender qual a receptividade dos docentes do Ensino Superior com ele.

Para isso, o trabalho foi dividido em seções: 1) Desenvolvimento do Experimento Remoto, com todas as etapas de desenvolvimento de hardware e software, testes em protótipos, e afins; 2) Realização de uma revisão integrativa da literatura de modo a compreender como o tema é abordado em pesquisas; 3) Realização das entrevistas com docentes do Ensino Superior.

Em diversos momentos, me questionei se seria possível entregar tudo que estava sendo proposto, se meu trabalho estava no nível do programa e também no nível esperado pelos meus orientadores. Realizar essa pesquisa foi desafiadora por diversos motivos, sendo o principal deles a pouca bagagem teórica sobre o tema visto que Experimentos Remotos no contextos de Ensino de Química são muito escassos.

Com a leitura de diversos trabalhos e com a maturidade profissional que o mestrado me proporcionou, a dissertação foi ganhando forma, sendo construída um referencial teórico para discutir a experimentação e as TDIC no Ensino de Química, a realização da revisão integrativa sobre Experimentos Controlados Remotamente, o delineamento dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa e a apresentação dos dados construídos a partir das entrevistas.

1 INTRODUÇÃO

A experimentação no Ensino de Ciências pode ser compreendida como uma estratégia para a aprendizagem, processo esse contínuo e que envolve conceitos complexos que se inter-relacionam, sendo exigida uma participação ativa dos alunos (ALVES; BEGO, 2020). Ao ser apresentado a um experimento, o aluno já possui conhecimentos prévios, que podem ter sido construídos em contextos formais ou não, sendo importante também que o docente compreenda isso.

Atividades desta natureza possibilitam estabelecer discussões epistemológicas sobre o conhecimento científico, permitem uma participação mais ativa do aluno que, frente a um contexto experimental, precisa tomar decisões, lidar com frustrações, administrar seu tempo e, muitas vezes, desenvolver habilidades sociais ao trabalhar com os colegas. A atividade experimental, toma assim uma proporção maior, pois permite que sejam mobilizadas e desenvolvidas diversas habilidades e conhecimentos, atuando muitas vezes como elemento motivador por permitir uma participação ativa e a construção de um conhecimento significativo para ele. Durante as atividades práticas, é possível observar o surgimento de evidências macroscópicas e de visualizar, em alguns casos, mudanças de natureza química. Estes aspectos citados são discutidos por diversos autores (ARRUDA; LABURÚ, 1998; GIORDAN, 1999; HODSON, 1988; LABURÚ, 2006; OLIVEIRA, 2010a; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006), sendo um tema recorrente na literatura.

Uma prática experimental bastante comum na química é a titulação do tipo ácido-base. Reações como essa são regidas pela reação que acontece quando um ácido interage com uma base, sendo o processo de titulação utilizado para se determinar a concentração de um dos reagentes. Essas reações estão presentes funções biológicas, como o controle de pH do sangue e a digestão de alimentos, na produção de produtos como fertilizantes, sabões, baterias e alimentos, em processos de purificação de água e tratamento de resíduos e no controle da qualidade de solos (BALZA, 2023).

Práticas como estas podem ser levadas para contextos escolares com o uso de laboratórios didáticos bem equipados ou com a adaptação de práticas utilizando materiais de baixo custo e que não tragam riscos aos usuários (CRUZ; GALHARDO FILHO, 2009). Entretanto, ainda hoje existem dificuldades associadas à disponibilidade de recursos, equipamentos, preparo de professores e condições adequadas para inserir atividades experimentais em contextos didáticos (PENA; RIBEIRO FILHO, 2008). O uso das Tecnologias

Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) para desenvolver atividades experimentais pode permitir que professores e alunos tenham acesso a um novo leque de possibilidades.

As TDIC podem ser utilizadas como local para busca de informação, troca de informação e realização de ações cooperativas, com destaque para a Educação a Distância, podendo ser aplicada também para programação e simulação de fenômenos (VALENTE, 2014), e também na forma de experimentos remotos. Com o uso das TDIC, é possível realizar atividades experimentais na forma de simuladores, jogos digitais e mesmo o uso de Laboratórios Remotos (LR), possibilitando que alunos tenham acesso a experimentos mediados pela tecnologia.

O uso das TDIC na forma de Experimentos Controlados Remotamente (ECR), possibilita que professores e estudantes tenham acesso à atividades experimentais que passaram por um processo de automatização, sendo acessado via internet, permitindo controlá-lo em tempo real, se tornando uma possibilidade para o uso na Educação Básica, Educação a Distância e em situações em que o uso presencial do laboratório não seja possível (CAETANO, 2021; CAETANO et al., 2022; TAKAHASHI; CARDOSO, 2011; TULHA; CARVALHO; COLUCI, 2019). Experimentos neste formato podem contribuir para a redução de resíduos gerados, assim como uma economia de tempo de laboratórios. Do ponto de vista didático, o uso da experimentação mediada pela tecnologia pode atuar como um motivador para o aluno, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

Os usos de experimentos com finalidades didáticas neste formato são relativamente comuns em áreas como a física, mas ainda pouco estudados no campo da Química, havendo diferentes definições sobre o termo, e diversas suposições podem ser feitas sobre esse motivo:

- A relação histórica que a Química tem com a manipulação de aparatos;
- Baixo número de pesquisas nesta área;
- Desconhecimento do uso das técnicas relacionados ao desenvolvimento de um experimento remoto;
- Resistência dos professores de química em realizar atividades experimentais neste formato;

O foco desta pesquisa são Professores de Química do Ensino Superior, tendo como objetivo principal analisar qualitativamente as percepções destes docentes sobre o uso didático de um experimento controlado remotamente buscando responder às seguintes questões de pesquisa:

- Qual a percepção de professores de Química sobre a experimentação mediada pela tecnologia?
- Qual compreensão possuem sobre experimentos remotos?
- Quais as limitações e potencialidades de um experimento remoto na visão docente?

Para atender nossas indagações, os objetivos secundários deste trabalho são:

- Projetar, desenvolver e implementar um experimento de titulação ácido-base;
- Realização de uma revisão da literatura, buscando compreender qual a definição adotada nos trabalhos da área para “experimentação remota” na química;
- Realização de entrevistas semi-estruturadas com professores de Química do Ensino Superior sobre a utilização didática de experimentos mediados pela tecnologia;
- Compreender as possíveis limitações e potencialidades de um experimento remoto na química na visão de docentes do Ensino Superior;

2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Neste capítulo serão apresentadas as principais concepções sobre a experimentação na ciência Química, realizando um breve estudo histórico sobre o tema. Além disso, serão discutidos como as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação estão inseridas neste contexto, sendo realizada uma apresentação dos principais recursos e estratégias adotadas para atividades experimentais mediadas pela tecnologia no Ensino de Química.

2.1 A ciência Química e a experimentação

Experimentação apresenta diversos significados semânticos e filosóficos. Mori e Curvelo (2017) buscaram realizar uma análise a partir da linguagem associada ao termo experimentação no ensino. Partindo de conceitos teóricos, os autores buscaram as compreensões da palavra experimentação do ponto de vista empírico, ou seja, a partir dos dicionários e com base nessa definição imediata, foi elaborada uma definição mais abstrata, constituída por conceitos e relações, buscando “reconstituir o objeto concreto (agora, entendido como uma rica totalidade de determinações e de relações numerosas)” (MORI, CURVELO, 2017, p. 294). Propuseram então três domínios semânticos para a palavra, que são: o experimentalismo (a experiência por si mesma), a experimentação como cultura (referente às práticas sociais e culturais associadas à experimentação) e a experimentação como método (aplicada a um contexto de investigação científica).

Uma distinção importante de ser feita é entre os conceitos de experiência e experimentação. O cientista ao realizar um experimento é guiado por algum método científico que está inserido em um determinado paradigma (KUHN, 2010). Ao realizar a experiência com rigor científico, realizando uma coleta de dados, comparação com hipóteses e teorias que podem surgir *a priori* ou *a posteriori*, ele está buscando desenvolver um novo conhecimento científico, resolver problemas e/ou criar contribuições para a sua área. A experimentação voltada para o Ensino de Ciências possui objetivos totalmente distintos, tendo como foco o desenvolvimento de conhecimentos procedimentais, conceituais e atitudinais no aluno (POZO; CRESPO, 2009).

Exatamente por terem objetivos distintos, as atividades prático-experimentais nas ciências são importantes pois podem mobilizar a atividade do aluno, envolvendo-o na busca por questões e conhecimentos (BORGES, 2002), podendo “a experimentação no ensino (...) ser entendida como atividade experimental que permite a articulação entre fenômenos e teorias”

(SILVA; MACHADO; TUNES, 2010, p. 198). Desta forma, a experimentação se caracteriza como uma estratégia didática por ser composta por ações intencionais e planejadas pelo professor visando certos objetivos de aprendizagem (ALVES; BEGO, 2020).

Num sentido filosófico epistemológico, a experimentação é compreendida conforme a definição adotada por ciência em determinado momento histórico e regional, pois:

No ensino de ciências, seja através dos professores ou dos materiais didáticos, há sempre uma concepção filosófica, implícita ou explicitamente presente. Essa perspectiva filosófica orienta a um entendimento epistêmico da ciência; sobre o método científico, sobre o contexto de investigação, sobre o papel do experimento na ciência, sobre a sua pluralidade metodológica (RAICIK; PEDUZZI, 2015 p. 133)

Com o objetivo de realizar uma recapitulação histórica sobre a concepção de ciência, podemos iniciar com as ideias dos gregos que tinham na observação de fenômenos dois pilares: a empírica, mediada pelos sentidos, e a lógica, baseada em uma dimensão teórica (GIORDAN, 1999). Realizando um salto temporal, podemos analisar as ideias do século XVII onde a lógica científica guiava-se pela formulação de hipóteses e verificação através de métodos experimentais. Com o desenvolvimento de aparatos e tecnologias para a coleta de dados, a compreensão do fenômeno não mais se baseia nos sentidos, mas sim em medidas instrumentais precisas, que passam a ser reprodutíveis. Três pensadores que contribuíram para as mudanças do pensamento grego foram Francis Bacon (ciência indutivista), René Descartes (ciência dedutivista) e Galileu Galilei (experimentação como central na construção científica)(GIORDAN, 1999).

Esta visão indutivista-verificacionista da ciência supõe que o conhecimento científico origina-se da observação da natureza, ideia equivocada quando pensamos na proposição do formato da terra, da estrutura atômica (ARRUDA; LABURÚ, 1998) ou, mais recentemente, das ondas gravitacionais que só foram observadas em 2016 mas já eram teorizadas por cientistas como Einstein um século antes (BASSALO; CATTANI, 2016).

A ciência compreendida como “descoberta” e investigada através de fenômenos da natureza se manteve forte até início dos anos 1990, mesmo com fortes críticas de Hume, Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend. No final dos anos 1950 as ideias destes pensadores começaram a ganhar força no meio acadêmico, e criticar de maneira dura as concepções anteriores de ciência (ARRUDA; LABURÚ, 1998).

No Brasil as ideias positivistas (que defende o indutivismo para a formação de enunciados universais) tiveram muita influência no Ensino de Ciências. No início do período republicano (1889) foram instituídas disciplinas científicas voltadas para o Ensino Superior

(ES). Em 1920 a responsabilidade da educação foi direcionada para os Estados e São Paulo inclui em seu currículo a área de “*Sciencias physicas e naturaes*”, com forte viés indutivista e com a relação experimentação/observação (FARIA; CARNEIRO, 2020).

Em 1946 foi criado o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura que elaborava materiais de apoio didáticos, com especial destaque os livros-textos e material de apoio para atividades experimentais que tinham como foco a relação Ciência e Tecnologia que ganhou força após a Segunda Guerra Mundial. (FARIA; CARNEIRO, 2020).

A concepção de ciência pelo viés positivista é problemática, pois:

Para a Educação Científica, a tese positivista carece de fundamentação científica, por desconsiderar que para o aprendiz a Ciência é uma representação do mundo, entre outras tantas, que se revelam de forma espontânea ou dirigida por uma práxis cultural distinta daquela legitimada pela comunidade científica. (GIORDAN, 1999, p. 5)

A partir da década de 1960, a educação científica brasileira começou a ser influenciada pela psicologia cognitiva e pela epistemologia estruturalista. As atividades relacionadas ao ensino começaram a deixar de ser compreendidas como uma transposição do trabalho do cientista e passaram a ser encaradas de acordo com o desenvolvimento cognitivo do ser humano, considerando estratégias e objetivos específicos para a educação em ciências (GIORDAN, 1999).

Mesmo com diversas críticas, essas ideias ainda servem de fundamento para livros didáticos e planejamento de aulas (ARRUDA; LABURÚ, 1998). No currículo de referência de Minas Gerais, o componente curricular física ainda é definido como tendo “o objetivo de estudar as leis da natureza, em sua profundidade, procurando *descobrir as regras* que governam o universo e *descrevem os fenômenos* que ocorrem com a matéria e com a energia” (MINAS GERAIS, 2018, p. 173, grifo nosso).

O ensino tradicional ainda privilegia uma prática e uma investigação científica voltada para um método científico indutivista onde “o conhecimento emerge de um problema que é identificado e termina com a solução encontrada; sem rupturas, sem desvios, sem a possibilidade de novos questionamentos” (RAICIK; PEDUZZI, 2015, p.135), fazendo com que muitas vezes a dinâmica entre hipótese e experimentação esteja vinculada à uma visão popular da ciência, limitando a experiência à manipulação de variáveis ou aparados para exemplificar teorias e leis, não havendo uma reflexão atrelada ao experimento. Como afirma Millar (1987, *apud* ARRUDA; LABURÚ, 1998, p. 21) “A ciência é uma troca irreduzível entre experimento e teoria, e assim, a separação total entre experimento e teoria não é desejável nem possível”.

De acordo com Hodson (1988), o trabalho prático de laboratório pode ser conduzido visando objetivos diversos, como a demonstração de um fenômeno, ilustração de uma teoria, a coleta de dados, teste de hipóteses, desenvolvimento de habilidades de observação e medidas, aspectos mais lúdicos como “espetáculo de luzes, estrondos e espumas” (HODSON, 1988).

Borges (2002) complementa estas ideias ao apontar que alguns dos objetivos tradicionalmente associados aos laboratórios de ciências são: 1) Comprovar leis e teorias científicas; 2) Ensinar o método científico; 3) Facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos e 4) Ensinar habilidades práticas.

Para atingir estes objetivos, as atividades podem ser agrupadas em três principais abordagens, cada uma contendo seus benefícios e melhor se alinhando aos objetivos pedagógicos. Araújo e Abib (2003) agrupam as atividades em: demonstrativas, onde o professor executa o experimento e os alunos observam os fenômenos ocorridos; de verificação, buscando confirmar alguma lei ou teoria previamente estudada e atividades de investigação, possibilitando que os alunos ocupem um espaço mais ativo na construção do conhecimento, e ficando o professor com um papel de mediador. Esta última abordagem permite que o aluno desenvolva uma capacidade de generalização e previsão dos conceitos teóricos, fazendo com que “um experimento simples, em que haja um roteiro [...] pode ser transformado numa atividade investigativa” (BORGES, 2002).

Oliveira (2010) buscou em seu trabalho reunir pesquisas de diversos autores sobre a temática da experimentação, e relatou que as principais contribuições das aulas experimentais são: a) Motivar e despertar a atenção dos alunos; b) Desenvolver a capacidade de trabalho em grupo; c) Desenvolver a iniciativa pessoal e tomada de decisão; d) Estimular a criatividade; e) Capacidade de observação e registro de informações; f) Aprender a analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos; g) Para aprender conceitos científicos; h) Para detectar e corrigir erros conceitos dos alunos; i) Para compreender a natureza da ciência e sua relação com Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); j) Para aprimorar habilidades manipulativas. Estas ideias reunidas por Oliveira são de autores como Hodson, Giordan, Arruda e Laburú e Borges, que foram lidos e compõem o referencial teórico apresentado neste capítulo.

A motivação não está no fato de o aluno comprovar a ocorrência de liberação de gás de um determinado fenômeno, ao contrário, a motivação está justamente na problematização que o professor poderia fazer orientando um raciocínio que explicasse o porquê da liberação de gás. (ANTUNES SOUZA, 2021, p. 346).

As contribuições deste tipo de atividades são orientadas por discursos epistemológicos, como já apresentado. O trabalho de Gonçalves e Marques (2016) analisou 38 artigos da seção

Experimentação no Ensino de Química, da revista Química Nova na Escola, entre os anos de 1995 e 2003 e apontou que as ideias não são consensuais, ficando a critério dos professores escolherem a abordagem que mais se encaixa em seus objetivos de aula.

Mesmo com estas contribuições, alguns obstáculos para inserir atividades práticas no ensino básico são: a) falta de laboratórios; b) ausência de matérias; c) inadequação dos espaços; d) inconformidade dos espaços para realização de aulas do Ensino Médio que muitas vezes construídos de modo a replicar os laboratórios de nível superior (que possuem objetivos e finalidades distintos dos laboratórios para o ensino básico); e) grade curricular de ciências bastante conteudista; f) escasso tempo dos professores em sala; g) trânsito dos alunos para os espaços; h) tempo de preparação das experiências antes e depois; i) desarticulação da relação experimento-teoria e j) escassez de roteiros voltados para as necessidades e objetivos do ensino (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Alguns obstáculos importantes que gostaríamos de ressaltar é que, mesmo reconhecendo que a importância das aulas práticas e com algumas escolas dispondo de laboratórios, muitos professores não as utilizam, sendo motivos para isso a ausência de atividades preparadas para uso, falta de recursos, falta de tempo para planejamento e problemas na estrutura do laboratório, como é relatado em trabalhos da literatura (MALHEIRO, 2016). “São basicamente as mesmas razões pelas quais os professores raramente utilizam os computadores colocados nas escolas” (BORGES, 2002, p. 294.). Essa última afirmação de Borges pode ser expandida e trazida para o uso das TDIC, como simuladores, ambientes virtuais e mesmo Laboratórios Remotos, salvo as limitações da época em que o trabalho foi publicado e as especificidades que os LR possuem em 2024. Em muitos casos, os professores reconhecem a importância destas atividades mas por falta de tempo e preparo, não conseguem implementar em sala de aula as dificuldades, neste sentido, similares para as TDIC e para a experimentação.

As atividades práticas podem ser realizadas em diferentes ambientes, sendo:

Um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados (BORGES, 2002, p. 294)

Neste momento do texto, consideramos ser importante diferenciar os espaços educacionais, sendo os três mais comuns: 1) Educação formal; 2) Educação não formal; 3) Educação informal. O primeiro é o sistema de educação tradicional, existente nas escolas e universidades, onde os objetivos de ensino são organizados e estruturados. O segundo consiste em atividades fora deste ambiente formal, mas ainda existindo objetivos de aprendizagem

estabelecidos. O terceiro consiste em um processo mais amplo, onde o ser humano, inserido em um contexto social, aprende através do contato com pessoas, objetos, vivências, sociedade, etc. Mesmo com as problematizações sobre os termos (MARANDINO, 2017), estas separações são as mais utilizadas quando pensamos em ensino. As atividades prático-experimentais podem acontecer em ambientes formais ou não formais, por conterem objetivos de aprendizagem bem definidos.

Compreender a percepção dos alunos de cursos de licenciatura sobre a experimentação é importante pois reflete diretamente como seus professores compreendem o assunto e, provavelmente, como estes novos professores irão apresentá-los aos alunos. Neste sentido, tem-se que a formação inicial de professores não é suficiente para construir conhecimentos sólidos sobre as funções pedagógicas da experimentação. A pesquisa feita por Novais (2019) aponta que as concepções iniciais dos alunos eram condizentes com o senso comum, como a utilização de atividades experimentais para comprovar as teorias, a necessidade de existência de um laboratório na escola como condição para realizar as atividades e seu papel predominantemente motivador no processo de ensino e aprendizagem da Química, ocorrendo mudanças gradativas na percepção dos alunos no decorrer na formação.

Resultado semelhante foi observado por Gibin e Lima (2015) que analisaram 12 licenciandos de química e apontaram que a maioria (n=7) relaciona a experimentação diretamente com aprendizagem, apontando também para o desenvolvimento cognitivo durante o uso desta estratégia de ensino.

Outra pesquisa feita com 40 licenciandos de química indica que a concepção de experimento de natureza confirmatória é maior entre os alunos ingressantes e que a concepção da experimentação por uma abordagem investigativa, alicerçada no caráter motivador e na função de promover aprendizagem é maior em alunos mais avançados no curso (SILVA; SILVA, 2019).

Pesquisas realizadas com professores e alunos do curso de Licenciatura em Química que buscam relatar as teorias dos participantes sobre a natureza pedagógica da experimentação são relevantes para compreendermos as concepções de formadores e jovens professores.

Entendemos também que os formadores das Licenciaturas, em geral, têm uma formação pedagógica adquirida por reprodução das ações de seus professores que, por ser pouco refletida e fracamente fundamentada, é uma formação tácita, fragmentada e resistente à mudança. (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004)

A pesquisa destes autores entrevistou 9 alunos e 5 professores e foi observado que a visão que se sobressai é a da experimentação empirista onde o fazer é utilizado para extrair a

teoria, com uma abordagem tradicional. Como resultado, a pesquisa aponta para uma necessidade de discutir e problematizar, de modo crítico, as concepções dos professores, superando visões simplistas e muitas vezes de senso comum.

As mudanças que ocorreram sobre as concepções científicas refletiram de maneira direta na compreensão sobre o que é ensino e como ele deve ser realizado. Com o advento das TDIC, novas mudanças surgiram, assim como novos desafios para implementá-los ao ensino, situação que ficou evidente com a mudança forçada do regime de ensino com a pandemia de COVID-19.

2.2 Tecnologia na Educação em Ciências e os Experimentos controlados remotamente

Tecnologia pode ser compreendida como um conjunto de conhecimentos que permite ao homem modificar o universo em que vive, sendo cumulativa e herdada em sociedade, possuindo um valor moral (PINTO, 2005). Ainda de acordo com Vieira Pinto (2005), as acepções do termo podem ser: de teoria da técnica, como técnica, do saber fazer (que pode ser expandido como um conjunto de técnicas de determinado grupo social-tendo sentido genérico e amplo) e da técnica compreendida como uma ideologia. Atualmente as TDIC têm alterado a forma como nos relacionamos. Valente (2014) aponta que o conhecimento é algo construído por cada indivíduo a partir da interação entre os sujeitos e o diálogo.

Pensando nas TDIC relacionadas à educação, elas podem ser utilizadas na busca por informação e, quando interligadas à internet, como um meio para troca de informação e realização de ações cooperativas, revolucionando áreas como a Educação a Distância (VALENTE, 2014).

No Ensino de Ciências, em especial no Ensino de Química, algumas categorias podem ser utilizadas para agrupar as TDIC utilizadas. Souza e colaboradores (2021) apontam que existem diversos recursos e ferramentas que são escolhidos tomando como base o contexto escolar. Os autores apontam para o uso dos aparelhos móveis (chamado de *mobile learning*) na forma de celulares, tablets, e-readers e afins. Também relatam o uso de aplicativos e programas para visualização de conteúdos mais abstratos, como moléculas, simetrias e representação de modelos.

O uso de mídias na forma de sites permite que sejam agrupados em único endereço eletrônico diversos conteúdos, utilizando links, animações ou acesso à informação na forma de pesquisa em catálogos de dados, como a Wikipédia. Similarmente a este, o uso de blogs pode

surgir como uma forma de criar um diário de prática, ou como uma rede para comunicação entre professor-aluno ou entre alunos, sendo mais fáceis de usar que os sites e “permite que alunos também desenvolvam um registro de suas próprias atividades e criem seus próprios espaços pessoais na rede” (SOUZA *et al.*, 2021, p. 722).

O uso de redes sociais tem se tornado bastante comum quando se fala em TDIC e Ensino de Ciências. Estes espaços muitas vezes são utilizados para divulgação científica, difundindo informações através de postagens, possibilitando o compartilhamento de informações, a interação entre posts, a incorporação de links externos e o diálogo direto através do chat, como apontado por alguns autores (RAUPP; EICHLER, 2012). Um espaço desenvolvido e pensado para fins educacionais são os Ambientes Virtuais de Aprendizagem que também possibilitam a interação de conhecimentos entre usuários, atuando como salas de aulas virtuais e sendo bastante comuns na Educação a Distância, tendo como exemplo o Google Sala de aula (COSTA BRITO *et al.*, 2021).

Ainda de acordo com estes autores, os periódicos online são uma outra tecnologia digital possível no ensino. Integrada à internet, é possível acessar artigos científicos nacionais e internacionais e buscar conceitos atualizados sobre o tema. Muitas vezes os periódicos científicos são agrupados em bases de dados, reunindo diversas revistas e publicações indexadas em um único endereço web.

O uso de recursos de áudio como músicas e podcasts pode, de acordo com os autores, estreitar a relação entre alunos e professores. Estimulando o sentido visual, o uso de imagens e animações pode auxiliar no estabelecimento de relações entre teoria e prática, podendo ambos serem agrupados para o uso de recursos de vídeos. A combinação de diferentes mídias é categorizada como recursos multimídia, sendo citado o exemplo de slides.

O uso de jogos digitais e de simulações são recursos que permitem trabalhar conceitos de forma lúdica e interativa, podendo contribuir para a aprendizagem e motivação dos alunos. Por fim, os autores categorizam tecnologias que podem ser utilizadas como métodos avaliativos, como formulários e QR codes.

Lambach e Lomas (2021) apresentam uma revisão sobre o uso das TDIC no Ensino de Química em periódicos nacionais entre os anos de 2016 e 2021, analisando 58 trabalhos. Destes, 18 tinham como foco o Ensino Básico, o que levou os autores a questionarem se o baixo número de trabalhos voltado para o ES poderiam indicar uma adesão fraca em sua práxis pedagógica

Para que as TDIC sejam efetivamente utilizadas na educação, é preciso que sejam compreendidas e incorporadas pedagogicamente.

A mera substituição de uma tecnologia (lousa, o quadro verde, a televisão, o vídeo etc.) por outras (computador, leitores digitais, smartphone, entre outros em desenvolvimento) não acarretará em uma aprendizagem eficiente, a utilização desses recursos podem cooperar para o processo de ensino e aprendizagem, contudo, não serão elas causadoras de uma “nova” forma de aprender (LEITE, 2019, p. 330)

O uso das TDIC por parte dos professores tem aumentado devido ao maior contato cotidiano com redes sociais como um recurso em si mesmo, porém seu uso como ferramenta de ensino ainda sofre preconceitos por parte dos discentes que, muitas vezes, não foram formados para o uso pedagógico das tecnologias e mesmo quando são oferecidos cursos e capacitações, as práticas apresentadas são distantes da realidade escolar (LEITE, 2019).

Os professores continuam utilizando as mesmas estratégias ditas tradicionais e pouco motivadoras para os alunos quando a evolução das TIC já oferece recursos pedagógicos que podem contribuir para despertar o interesse e engajar os estudantes na aprendizagem de conceitos científicos. Os professores devem buscar possibilidades de interação com os alunos na aprendizagem de química (LEITE, 2019, p. 327)

Desta forma, estudos para compreender a percepção dos professores sobre o uso das TDIC e mesmo sobre as competências que acreditam ter para utilizá-las são bastante relevantes. Da mesma maneira que as concepções epistemológicas afetam como os professores irão implementar a experimentação em sua prática didática, as concepções dos professores influenciam a inserção das TDIC em sala, devendo o docente aprender não só sobre o uso de determinada tecnologia, mas também compreender formas produtivas e viáveis de integrar ao processo de ensino e aprendizagem em seu contexto (SCHUHMACHER et al., 2016).

Em pesquisa realizada com cinco professores do ES, Schuhmacher (2016) relatou que os professores apresentam convicção da importância das TDIC em sua prática docente e que acreditam possuir conhecimento técnico e pedagógico suficiente para tal prática. “Entretanto, percebe-se também nos resultados a fragilidade e os baixos resultados da inserção curricular, para esta amostra de professores, em sua prática diária como um instrumento de mediação ou pesquisa.” (SCHUHMACHER et al., 2016, p. 10).

As TDIC podem ser utilizadas no Ensino de Ciências na forma de Laboratórios Remotos, utilizando Experimentos Controlados Remotamente em atividades práticas. Este tipo de TDIC pode ser definida como o uso de equipamentos reais que passaram por um processo de automatização, sendo acessados e controlados via internet (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011; MACHADO; GIROTTO JÚNIOR, 2019; SILVA et al., 2020).

Uma das principais potencialidades dos LR na educação é na forma da Educação a Distância (EaD). Por ultrapassar barreiras físicas e geográficas, esses laboratórios ficam disponíveis em tempo integral e podem ser utilizados de diferentes maneiras no EaD, sendo o

objetivo de Tulha, Carvalho e Coluci (2019) realizarem uma revisão da literatura buscando categorizar como estes laboratórios estão sendo utilizados.

Em muitos casos, o foco dos trabalhos está nas metodologias de ensino e em suas aplicações (TULHA; CARVALHO; COLUCI, 2019) porém, em outras pesquisas, foi apontado que os trabalhos tinham maior interesse em relatar a construção e implementação do ambiente do laboratório remoto (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011). Essas diferenças podem ser explicadas pelos critérios de seleção dos trabalhos, enquanto o primeiro realizou as buscas no Google Acadêmico, periódicos Capes e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, o segundo tinha como foco apenas periódicos com classificação Qualis A, o que pode explicar a diferença de foco dos trabalhos.

Outros autores realizaram pesquisas buscando analisar a percepção dos estudantes após o uso da experimentação remota nos critérios de aprendizagem, usabilidade, utilidade e satisfação, analisando um laboratório remoto nacional e doze de seus experimentos (SILVA et al., 2020). Os resultados apontam que os LR têm o potencial de promover a aprendizagem autônoma, estimular a construção do conhecimento por parte do aluno e que os discentes reconhecem o LR como uma forma válida e legítima de compreender os conteúdos abordados.

As potencialidades e benefícios apontadas na literatura para o uso deste tipo de experimentação são a descentralização dos processos educacionais e a ampliação dos espaços onde atividades práticas podem acontecer, a comunicação entre alunos e professores de diferentes lugares, a superação da falta de espaço físico, a diminuição de gastos, a apresentação de experimentos construídos com equipamentos de alta qualidade que garantem dados potencialmente mais precisos e complementos, além do refinamento técnico, a facilidade para coleta e organização de dados e a inclusão digital em disciplinas presenciais e a distância (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011; LUCIANO; FUSINATO, 2018).

A promoção da individualidade e motivação dos alunos, o uso de experimentos reais ao invés de simulados e a democratização de acesso ao possibilitar que experimentos que não estariam disponíveis se não fossem através do ECR são outros fatores importantes relatados sobre a implementação destes laboratórios (GIROTTO JÚNIOR *et al.*, 2022).

Em contrapartida os obstáculos mais relatados são os relacionados à infraestrutura das escolas, como acesso a uma internet rápida e estável, computadores ou equipamentos digitais disponíveis e a capacitação de professores para o uso deste tipo de TDIC. O uso da “Experimentação Remota não auxilia a aprendizagem por si só; o uso da experimentação deve ser amparado por ferramentas didáticas e metodologias devidamente fundamentadas.” (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011, p. 188).

O uso das TDIC pode contribuir para o ensino de química por permitir que os alunos tenham maior visualização de aspectos abstratos, porém é importante considerar o papel social da educação e como o uso das tecnologias digitais deve atuar reforçando a comunicação e o uso de metodologias mais ativas. Além disso, é essencial frisar que, como apontado por Giroto Junior,

[...] é necessário **superar a ideia** de que a inserção de recursos tecnológicos se aplica apenas como uma forma de **substituir outras formas de ensino**, mas que envolve, além do reconhecimento do uso da técnica, o **reconhecimento de suas particularidades** e como sua inserção articula-se com os objetivos das atividades educativas propostas. (GIROTO JUNIOR, 2022, p.304, tradução e grifos nossos)

Em março de 2020 foi decretada pela Organização Mundial da Saúde a pandemia de COVID-19 (WHO, 2020), que criou uma situação emergencial que alterou de maneira significativa a educação e a relação com o ensino e a tecnologia. Com o decreto do Ministério da Educação para suspensão das aulas presenciais (BRASIL, 2020), o ensino Básico e Superior tiveram que se adaptar à modalidade remota, fazendo com que os professores tivessem que se adaptar rapidamente a estas mudanças.

Duas das principais dificuldades relatadas por professores e alunos, no contexto brasileiro, foi a qualidade da conexão de internet e a adaptação que os docentes tiveram que passar para utilizarem os recursos digitais em suas aulas (RAMO; SANTOS, 2021).

Lima e Souza (2022) realizaram uma revisão na literatura buscando compreender quais as estratégias de ensino que foram utilizadas durante a pandemia, realizando suas buscas em qualis A e B, banco de dados da CAPES e Google Acadêmico. Elas observaram que muitos trabalhos tinham como foco o recurso e a ferramenta tecnológica e pouco sobre os impactos no processo de aprendizagem. Além disso, o uso de plataformas como o Moodle, G-Suite, gravação de vídeos e vídeoaulas foram os mais comuns.

Um dos blocos de análise do artigo foi sobre a experimentação por meio remoto que indica que a postura passiva e a falta de estímulos aos alunos não contribuíram para a aprendizagem. Além disso, as autoras utilizam o termo “laboratório remoto” e logo em seguida relatam a gravação de vídeos por parte dos professores, demonstrando uma compreensão superficial sobre o termo. Outros trabalhos trazidos nesta revisão mostram principalmente o uso de experimentos realizados em casa como forma de buscar o protagonismo para os alunos (LIMA; SOUZA, 2022).

Outros autores indicam que foi feita uma adaptação por parte de algumas universidades das práticas laboratoriais, utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso para realização em casa, outras criaram materiais audiovisuais demonstrativos, utilizaram simuladores ou

apresentaram para os alunos dados para análise. A percepção dos discentes com relação a estas atividades indicam que não foi possível desenvolver habilidades cognitivas ou práticas (NOVAKI et al., 2021; RODRIGUES et al., 2021). Neste sentido, o uso de LR na definição adotada por esta pesquisa pode contribuir para a aprendizagem dos alunos ao possibilitar o contato com experimentos reais.

Mesmo com o decreto da emergência global (UN NEWS, 2023), a compreensão sobre o uso das TDIC em contextos de ensino foram profundamente alteradas, sendo importante reconhecer suas potencialidades e realizar estudos buscando compreender seus benefícios, limitações, desafios e maneiras de uso tanto no Ensino Básico como no Superior.

3 Experimentos Controlados Remotamente no Ensino de Química: uma revisão integrativa

Um experimento didático tradicional muitas vezes é imaginado como aqueles que são realizados em sala de aula, tendo o objetivo de ilustrar conceitos científicos ou fenômenos naturais. Muitas vezes são pensados para serem simples e de fácil realização, utilizando materiais de baixo-custo contribuindo para a explicação de conceitos científicos de forma mais concreta e visual.

Experimentos Didáticos Controlados Remotamente (EDCR) são, no entender dessa pesquisa, aqueles que utilizam dispositivos fisicamente concretos, tradicionalmente utilizados em atividades didáticas experimentais em diversas áreas do conhecimento, mas que passaram por um processo de automatização, e podem ser acessados e controlados via internet. Por ocuparem um espaço físico, os EDCR geralmente estão localizados em instituições de pesquisa e ensino, tradicionalmente designados por Laboratórios, e neste caso específico, por LR, temática relativamente conhecida no campo das engenharias, computação e física (CASINI; PRATTICHIZZO; VICINO, 2007; GOMES; ZUBÍA, 2007; VILELA *et al.*, 2019; ZUTIN *et al.*, 2010), porém ainda pouco explorado na sua interface mais ampla com a Educação, bem como na intersecção com a área de ensino de química.

Esta definição proposta é importante pois guiou tanto a construção do Experimento Didático que será apresentado no Capítulo 4, e que teve origem nos pressupostos éticos e filosóficos do LR em que esta dissertação se desenvolveu, bem como da busca por uma compreensão mais refinada de como as áreas de Educação e Ensino entendem os EDCR.

Como apresentado por Ma e Nickerson (2006), existe uma divergência na literatura sobre a compreensão dos termos “experimento remoto” e “laboratório remoto”, com “as definições sendo inconsistentes e confusas” (página 4, tradução nossa). A tentativa de definição dos autores possui 18 anos e muitas mudanças aconteceram na relação entre tecnologia e Ensino de Ciências, principalmente considerando a pandemia de COVID-19.

Algumas tentativas foram feitas para definir e categorizar os trabalhos nesta temática, apresentando definições para laboratórios virtuais e remotos como visto em Zutin e colaboradores (2010) e no cenário nacional em Tulha, Carvalho e Coluci (2019) e Silva e colaboradores (2020), não sendo nenhum com foco em experimentos de química.

Alguns trabalhos encontrados na literatura apresentam definição igual ou muito próximas à apresentada, mas no corpo do texto trazem elementos confusos e até mesmo contraditórios, como pode ser visto em “laboratórios remotos são laboratórios físicos que

permitem o acesso ao experimento no laboratório por usuários que não estão na mesma localização física so experimento” (GIROTTTO JUNIOR, 2022, p. 29, tradução nossa) que se contradiz ao apresentado na metodologia como visto em “neste experimento, a plataforma de gerenciamento de aprendizagem Moodle foi utilizada para adicionar o link do vídeo (via YouTube) e os dados inseridos via Iframers” (GIROTTTO JUNIOR, 2022, p.32, tradução nossa) e também em “a transmissão foi feita por um professor mediador” (GIROTTTO JUNIOR, 2022, p.33, tradução nossa).

Considerando o exposto, buscamos identificar nesta etapa quais publicações existem sobre este tema, e qual a definição adotada por seus autores para o termo, tomando como recorte o contexto de ensino de química.

Desta forma, serão apresentados os dados e análises por meio de uma revisão do tipo integrativa, que possibilitará a compreensão do nosso objeto de maneira mais abrangente. Revisões do tipo integrativa são, em espacial, destaque na área de Enfermagem, por reconhecer e integrar conhecimentos de diversas disciplinas e metodologias, e por reunir “achados de estudos desenvolvidos mediante diferentes metodologias, permitindo aos revisores sintetizar resultados sem ferir a filiação epistemológica dos estudos empíricos incluídos” (SOARES *et al.*, 2014, p.336), sendo também utilizada em outras áreas (CARVALHO; FRANÇA, 2019; PAIVA *et al.*, 2016).

Para garantir a qualidade de revisões dessa natureza, são necessários o uso de critérios sistemáticos e rigorosos, tanto na seleção dos trabalhos quanto em sua análise. Para isso, Ercole, Melo e Alcoforado (2014) indicam seis etapas para que a revisão integrativa seja empregada, conforme Figura 1.

Figura 1 - Etapas de uma Revisão Integrativa

Etapas dos autores		Adaptação Realizada
01	Identificação do tema (a) e seleção da questão de pesquisa (b)	a) Laboratório Remoto no Ensino de Química b) Qual a definição adotada para experimento remoto no contexto de ensino de química?
02	Critérios de inclusão e exclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Banco de dados: SCOPUS, Web of Science, ERIC e Scielo; • Contivessem as palavra chave no resumo ou título; • Trabalhos na área de Educação ou Ensino;
03	Categorização dos estudos	<ul style="list-style-type: none"> • Deixassem claro a compreensão de “experimento remoto” no resumo;
04	Avaliação dos estudos incluídos	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura na íntegra dos trabalhos; • Identificação do tema e definição do termo;
05	Interpretação dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão dos resultados • Criação das cinco categorias;
06	Apresentação da revisão	

Fonte: Ercole, Melo e Alcoforado (2014), adaptado.

O tema selecionado foi LR, pois compreendemos que tanto em uma ampliação das funções, pois os experimentos remotos precisam estar inseridos em algum tipo de laboratório. Após uma leitura das principais referências da área e uma leitura flutuante dos trabalhos encontrados, conferimos que o termo LR aparece com maior frequência em artigos, sendo esta a principal justificativa para a seleção da temática. Para a questão de pesquisa foi definido: “Qual a definição adotada para laboratório remoto no contexto do ensino de química?” Esta pergunta foi motivada pela necessidade de compreender como a literatura aborda o assunto e também como a nossa pesquisa está inserida em um contexto mais amplo e internacional. Para responder a esta pergunta, foi estabelecido que a revisão aconteceria em quatro grandes bancos de dados: SCOPUS, *Web of Science* (WoS), *Education Resources Information Center* (ERIC) e *Scientific Electronic Library Online* (Scielo), sendo a seleção motivada pela ampla gama de trabalhos existentes nestas bases. Não foram considerados marcos temporais.

Como critério de inclusão foram escolhidos três conjuntos de descritores: “laboratório remoto”, “experimento remoto” e “laboratório virtual”, seguido pelo operador *AND* “química”, sendo utilizadas as variações em inglês, espanhol e português. Este conjunto de palavras-chave foi motivado por serem usados em trabalhos relevantes na área como em Antonio, Carvalho e Tulha (2019), Caetano (CAETANO, 2021) e Caetano e colaboradores (2022), Ma e Nickerson

(2006), Meintzer, Sutherland e Kennepohl (2017), Silva e colaboradores (2020) e Zutin e colaboradores (2010).

Os trabalhos selecionados precisariam conter em seus títulos, resumos ou palavras-chave os referidos termos. A pesquisa aconteceu durante os meses de abril de 2023 e os quantitativos dos trabalhos por bases de dados podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2 - Quantitativo da Revisão Integrativa



Fonte: A autora, 2023.

Os critérios de inclusão empregados para avaliar os trabalhos são apresentados no Quadro 1, sendo avaliados na ordem em que são listados.

Quadro 1 - Critérios de Inclusão da Revisão Integrativa

Critérios de Inclusão	
1)	Está contido na base de dados SCOPUS, WoS, ERIC ou Scielo.
2)	Possui em seu título, resumo ou palavra-chave um dos termos de busca: laboratório remoto, experimento remoto, laboratório virtual.
3)	É focado na área de Ensino ou Educação.
4)	Deixa claro no resumo a definição apresentada para “Experimento Remoto” e/ou Laboratório Remoto.
5)	O acesso ao trabalho na íntegra é gratuito ou disponível via acesso institucional.

Fonte: A autora, 2023.

Por opção analítica os dados serão apresentados em duas seções distintas: **3.1 - Laboratório Virtual** e **3.2 - Laboratório Remoto e Experimento Remoto**. A primeira consistiu em uma leitura panorâmica de 10% dos trabalhos (53) e a última em uma leitura na íntegra de 19 artigos.

Para a Etapa 3 da Revisão Integrativa (Categorização dos trabalhos) foram definidos seis agrupamentos *a priori*, a saber: simulações, conjunto didático, ambiente virtual, material digital, laboratório remoto e outros vistos no Quadro 2, sendo estes agrupamentos revisto na Etapa 04 para a avaliação dos trabalhos selecionados.

Quadro 2 - Agrupamentos iniciais da Revisão Bibliográfica

Sigla	Identificação	Definição Inicial
SIM	Simulações	Criação de uma interface para controle de parâmetros pré-determinados, com resultados previstos.
CD	Conjunto Didático	Criação de conjuntos móveis que podem ser utilizados em diferentes espaços, como casa, laboratório, rua, sendo o remoto atribuído a deslocalização física do conjunto.
AV	Ambientes Virtuais	Utilização de plataformas virtuais como MOODLE, MOOC e até mesmo criação de ambientes de realidade virtual ou aumentada para apresentação dos recursos.
MD	Materiais Digitais	Criação de recursos digitais como vídeos, imagens, animações e websites, que são acessados via internet.
ER	Experimentos Remotos	Utilização de equipamentos reais, sendo acessados via internet. Os resultados podem sofrer mudanças dependendo das variáveis. Geralmente estão alocados em algum laboratório.

Fonte: A autora, 2023.

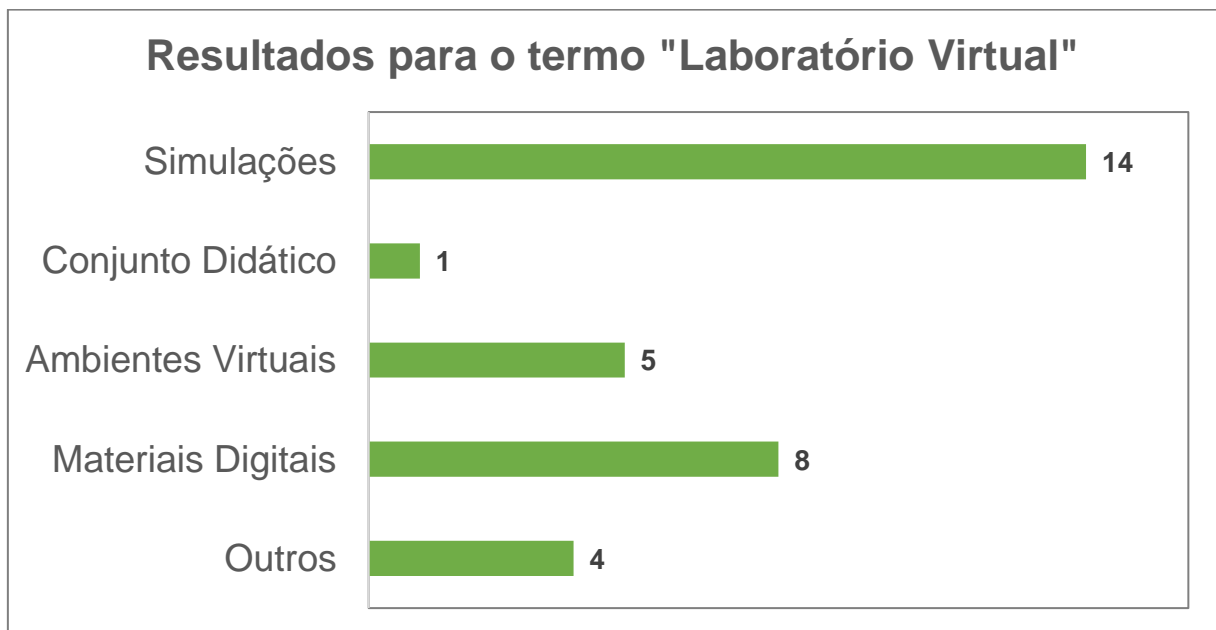
Nas seções a seguir, serão apresentados os dados obtidos a partir da revisão do tipo integrativa.

3.1 Laboratórios Virtuais

Em nossa análise inicial identificamos que a maior parte dos resultados obtidos ($n = 530$) foi com o termo “laboratório virtual” e suas traduções, sendo observado, durante a leitura panorâmica, que trabalhos com este termo adotam como definição para o remoto o uso de simulações, vídeos ou ambientes virtuais. Por esse principal motivo, foi feita a escolha de analisar qualitativamente 10% do total dos trabalhos ($n = 53$) em cada uma das bases de dados para termos um cenário analítico de maior profundidade.

Dos 53 trabalhos, quatro não atendiam ao critério c de ser da área de educação ou ensino, 15 não deixavam claro em seus resumos qual a definição adotada para Experimento Remoto (ER) ou Laboratório Virtual e dois não estavam com acesso disponível, resultando em $n = 32$ trabalhos que foram organizados em algum dos agrupamentos apresentadas, podendo ser vistos de maneira gráfica na Figura 3. O Apêndice A apresenta as referências bibliográficas para esta etapa da revisão.

Figura 3 - Quantitativo de resultados para o termo "Laboratório Virtual"



Fonte: A autora, 2023.

Os trabalhos agrupados em AV utilizam desde plataformas MOOC (O'MALLEY; AGGER; ANDERSON, 2015) e MOODLE (BORRAS-LINARES *et al.*, 2011), criam ambientes virtuais com diversas funcionalidades e interações para o usuário (QU *et al.*, 2022), utilizam softwares para captação de movimento (AL-KHALIFA, 2017) ou mesmo de realidade aumentada (HERNÁNDEZ *et al.*, 2021).

Na categoria CD foi alocado apenas um trabalho que aplicava atividades para casa onde os alunos realizavam experiências sobre conceitos de cinética e catálise (SANTIAGO; MELIÁN; REBOSO, 2022). No agrupamento outros foram encontradas revisões de literatura sobre o uso de Laboratórios Virtuais (FOMBONA-PASCUAL; FOMBONA; VÁZQUEZ-CANO, 2022; KARTIMI *et al.*, 2022) e a criação de um mundo virtual, ou seja um ambiente imersivo e simulado que é criado através de recursos computacionais (AMIN; IKHSAN, 2021; WILSON; COLES, 2010).

A categoria MD contém trabalhos sobre *tour* 360° do laboratório através de vídeos (LEVONIS *et al.*, 2021; TAUBER; LEVONIS; SCHWEIKER, 2022), uso de mídias como vídeos (GEORGE; KOLOBE, 2014), animações, uso de formulários (GALANG *et al.*, 2022), criação de modelos 4D (SASMITO; SEKARSARI, 2022) e outras que não foram bem especificadas nos resumos (DWININGSIH *et al.*, 2018; HASANAH *et al.*, 2022; WIDARTI; HAKIM; ROKHIM, 2022).

A categoria SIM (n= 14) apresenta diversos trabalhos sobre o uso de simuladores para realização de experimentos. Alguns estão alocados em plataformas como o PhET Colorado (URQUIZO; SÁNCHEZ; ORREGO, 2022) e Royal Society of Chemistry (JENNIFER G.; THOMAS; SOLOMON, 2022), enquanto outros relatam a criação dos ambientes de simulação (CÁMBAR-ANTUNEZ; RIVERA-SOTO, 2018; CUADROS *et al.*, 2007; ELJACK; ALFAYEZ; SULEMAN, 2020).

Outros trabalhos não especificam em seus resumos se as simulações foram desenvolvidas ou foram utilizadas de terceiros, apenas relatando que foram utilizadas “simulações computadorizadas” (BAKAR; ZAMAN, 2008, tradução nossa) nas mais diversas áreas da química (ASABERE *et al.*, 2022; AVCI, 2022; HOU; LIN, 2017; KURNIAWATI; PURBANINGTIAS, 2022; LIU *et al.*, 2022; MANYILIZU, 2022; PATANGE; UJWAL; BHUJAKKANAVAR, 2022; PEECHAPOL, 2021).

Considerando a argumentação estabelecida, é possível observar que os trabalhos obtidos com o termo “Laboratório Virtual” utilizam principalmente de simulações, mídias digitais e outras ferramentas digitais ao se referirem ao termo remoto e ER.

3.2 Laboratório Remoto e Experimento Remoto

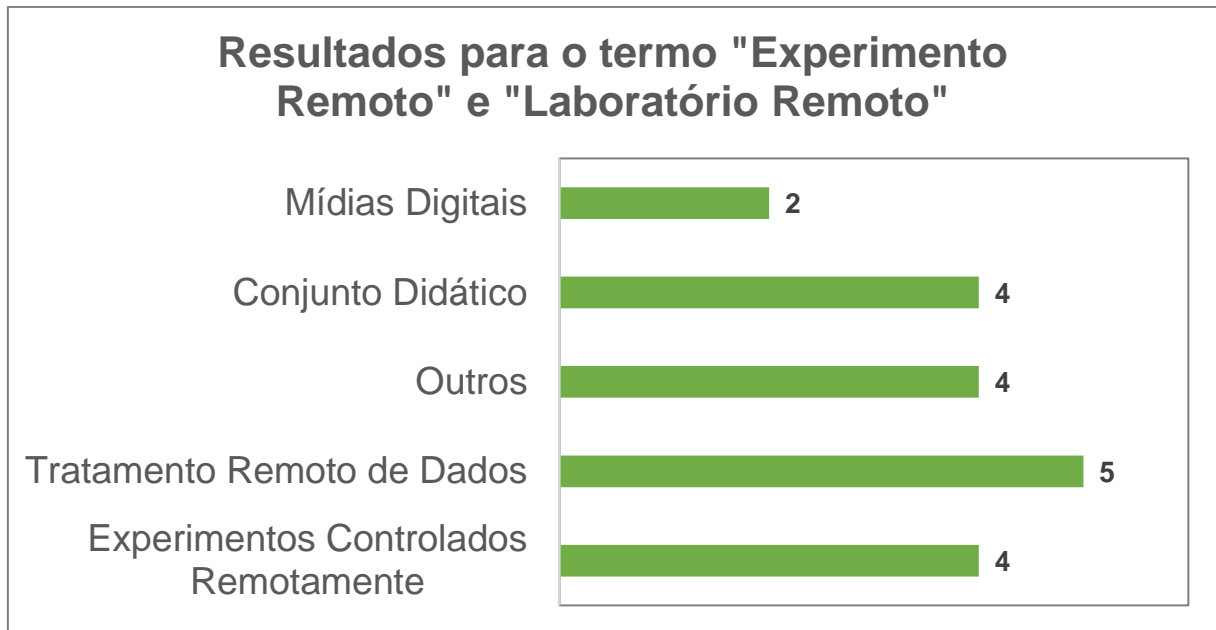
Esta seção tem o objetivo de discutir os trabalhos obtidos com os termos “Laboratório Remoto” (n= 90) e “Experimento Remoto” (n= 24). Excluindo os trabalhos repetidos (n= 40), aqueles que não se enquadram na área de ensino ou educação (n= 30), aqueles que não deixam explícito em seus resumos a definição para o experimento em questão (n= 18) e os demais com acesso limitado (n= 08), o quantitativo desta etapa consistiu em 19 trabalhos, que foram lidos na íntegra e agrupados em uma das categorias *a posteriori*, que podem ser vistas no Quadro 3.

Quadro 3 - Agrupamentos iniciais da Revisão Bibliográfica

Sigla	Identificação	Definição Inicial
MD	Materiais Digitais	Criação de recursos digitais como vídeos, imagens, animações e websites, que são acessados via internet.
CD	Conjunto Didático	Criação de conjuntos móveis que podem ser utilizados em diferentes espaços, como casa ou laboratório, sendo o remoto atribuído a deslocalização física do conjunto.
TRD	Tratamento Remoto de Dados	Tratamento de dados obtidos por equipamentos como Infravermelho e Difrator de raios-X, onde o aluno tem acesso à uma planilha e a partir dela propõe explicações. Em alguns casos, os alunos operavam o equipamento.
ECR	Experimentos Controlados Remotos	Utilização de equipamentos reais, sendo acessados via internet. Os resultados podem sofrer mudanças dependendo das variáveis. Geralmente estão alocados em algum laboratório.

Fonte: A autora, 2023.

O quantitativo dos trabalhos alocados em alguma dos agrupamentos criados pode ser visto na Figura 4. Aquelos trabalhos que não se encaixavam nestes agrupamentos foram alocados na categoria “outros”, sendo as especificidades discutidas no decorrer do texto. O Apêndice B apresenta as referências bibliográficas desta etapa da revisão integrativa.

Figura 4 - Quantitativo de resultados para os termos "Experimento Remoto" e "Laboratório Remoto"

Fonte: A autora, 2023.

No agrupamento MD foram alocados trabalhos que discutem o uso de estratégias como gravação de vídeos e simulações e a percepção dos alunos (ACCETTONE, 2022) e o estudo do design de criação de um software que possibilitava que os alunos tomassem decisões em diferentes contextos apresentados, recebendo um feedback por elas (BLACKFORD et. al, 2022), utilizando termos como “escolha sua própria aventura”, remetendo a uma gamificação do ensino.

Os quatro trabalhos de CD atribuíram o conceito de remoto à uma não localidade, podendo ser realizado em diferentes espaços. O trabalho de Ambruso e Riley (2022) e de Miles e Wells (2020) descreviam os elementos e também os custos para a preparação do kit, sendo o primeiro um conjunto para a realização de uma análise espectrométrica de corante alimentício e o último a utilização de técnicas como espectroscopia e cromatografia para determinar corantes em bebidas. Destino e Gross (2022) relataram a experiência de uso de um kit que permitia determinar glicose e uma vitamina utilizando o biossensor amperométrico contido no kit, tendo como foco a efetividade desta abordagem no contexto da situação pandêmica e Frederick e HarperLeatherman (2022) utilizam o celular como equipamento para uso de um método colorimétrico de determinação de ferro em amostras, contendo no kit os reagentes necessários para o preparo, sendo ambas as pesquisas realizadas em contexto pandêmico e o buscando avaliar a aprendizagem dos alunos.

Em outros foram agrupados trabalhos sobre armazenagem de dados obtidos em um experimento de queda livre, experimento este que parece se encaixar na categoria ECR (GERZA, SCHAUER, 2016), porém com foco na discussão a armazenagem dos dados e não a relação com a educação e ensino.

Dois trabalhos apresentaram o uso de diferentes recursos durante as disciplinas analisadas, como leitura, produção de vídeos, demonstrações e simulações. Devido a esta miscelânea de estratégias, Marincean e Scribner (2020) e Lee e colaboradores (2023) foram alocados em outros, sendo a definição de remoto atribuída a não localidade no indivíduo durante as aulas. O último trabalho desta categoria é Xie e colaboradores (2022) que apresenta uma câmera que possibilita a geração de imagens térmicas, sendo o objeto de análise o website desenvolvido e como ele pode facilitar o compartilhamento das imagens.

Inicialmente nove artigos foram categorizados como outros, emergindo durante a leitura na íntegra uma nova categoria intitulada Tratamento Remoto de Dados (TRD), ou seja, trabalhos que possibilitam o manejo de equipamentos de maneira remota contando com um quantitativo de 5 trabalhos.

Muitos dados científicos são obtidos por meio da utilização de um equipamento que é atrelado à uma técnica de análise, como no caso do equipamento de cromatografia (gasosa ou gás-líquido), a espectroscopia no infravermelho e o difratômetro de raios-X. O uso destes equipamentos permite que sejam analisados fenômenos de interesse e, com aplicação de uma técnica é possível estabelecer discussões teóricas que englobam diferentes conceitos químicos. Desta forma, compreendemos que a manipulação de equipamentos que muitas vezes já são conectados à internet (ou que têm essa etapa facilmente realizada) não se caracteriza em um experimento controlado remotamente, sendo este uma atividade mais complexa.

No agrupamento TRD tem-se o trabalho de Thrope, Lima e Pinto (2021), que deixa claro que a amostra é preparada e colocada no equipamento por um técnico, já Yonai e Blonder (2022) relata que as amostras são preparadas em casa e enviadas para análise, sendo estudado o engajamento dos alunos nas etapas de preparo da amostra, uso do microscópio eletrônico de varredura, análise e interpretação dos dados.

No trabalho de Cedazo e Colaboradores (2006), não fica claro como acontece o preparo das amostras e o artigo foca na construção do equipamento de espectrometria operado remotamente, trabalho este que provavelmente foi importante para a época, mas que, nos dias atuais, não tem grande relevância visto a fácil integração de um FTIR com a rede.

Outros dois trabalhos apresentaram como peculiaridade injetores automáticos de amostras como relatado nos trabalhos de Baran, Currie e Kennepohl (2004) e Meintzer,

Sutherland e Kennepohl (2017) que utilizam equipamentos de infravermelho com transformada de Fourier e cromatografia gasosa.

Na categoria ECR, foram designados trabalhos que utilizam reagentes e vidrarias reais, tendo passado por um processo de automatização e sendo controlado por uma interface acessada via internet, contendo quatro trabalhos.

Destes, três trabalhos na área de eletroquímica, com eletrodos metálicos conectados, onde eram coletados dados de voltagem e condutividade da célula (SCHAUER et. al, 2012), um sobre voltametria cíclica, com medição potenciométrica (SAXENA, SATSANGEE, 2014) e a medição da entalpia e entropia de vaporização do n-octano (WEI et al., 2022), neste último, não sendo localizado em nenhum local no artigo o link para acesso dos experimentos.

O quarto trabalho e que mais se aproxima de nossa definição é o de Idoyaga e colaboradores (2021), que desenvolveu uma titulação ácido-base, com bureta automatizada e coleta de dados de um pHmetro para construção de uma curva de calibração. Não é especificado neste trabalho a autonomia do experimento, o processo de lavagem ou tamanho dos reservatórios. Novamente, neste trabalho não é citado o endereço eletrônico para o seu acesso.

Se discutirmos os trabalhos dos agrupamentos MD, CD e “outros”, temos dez trabalhos que atribuem o sentido de remoto a não presença física do aluno no espaço do laboratório, sendo utilizado diferentes recursos para o Ensino de Química que não estão bem definidos no resumo ou mesmo durante o texto, podendo levar o leitor a desenvolver compreensões equivocadas.

A categorização dos 19 trabalhos encontrados demonstra a polissemia do termo remoto e mesmo experimentação, sendo os conceitos empregados em diferentes situações. Além disso, foi observado na literatura a tendência de considerar o tratamento de dados ou a manipulação de equipamento uma prática experimental.

Acreditamos que essa aproximação é equivocada pois o uso destes equipamentos permite que sejam reproduzidos ou analisados fenômenos de interesse, sendo necessário o uso de uma técnica e de um método mais rigoroso para reprodutibilidade e compreensão. Em contrapartida, um EDCR possui uma vertente pedagógica, passa por um processo de automatização e busca reproduzir um experimento realizado de modo presencial de maneira factível através de um controle pela internet, possibilitando todo o rigor que uma prática experimental exige.

Desta forma, buscamos expor evidências da importância de cunhar o termo EDCR de modo claro na literatura, especialmente no que tange à Química, campo que possui poucos trabalhos com esta vertente, propomos a criação das seguintes definições para trabalhos que utilizam TDIC e o termo “experimento remoto”, conforme é sintetizado no Quadro 4.

Quadro 4 - Proposta de categorização

Sigla	Identificação	Definição Inicial
SIM	Simulações	Criação de uma interface para controle de parâmetros pré-determinados, com resultados previstos. O design da interface geralmente é mais lúdico, não buscando reproduzir com videdignidade o experimento real. Pode ser acessado de maneira on-line ou através de download para o computador ou dispositivo móvel.
CD	Conjunto Didático	Criação de conjuntos didáticos que podem ser utilizados em diferentes espaços, como casa, laboratório, rua, sendo o remoto atribuído a deslocalização física do conjunto. Pode ser na forma de “kit” ou com alguns recursos que podem ser utilizados com materiais do dia a dia.
AV	Ambientes Virtuais	Utilização de plataformas virtuais como MOODLE, MOOC e até mesmo criação de ambientes de realidade virtual ou aumentada para apresentação dos recursos. Estes ambientes dispõem de diversos materiais digitais, como imagens e vídeos, e também de espaços interativos para avaliar a aprendizagem do aluno.
MD	Materiais Digitais	Criação de recursos digitais como vídeos, imagens, animações e websites, que são acessados via internet ou baixados para uso futuro.
TRD	Tratamento Remoto de Dados	Tratamento de dados obtidos por equipamentos como Infravermelho e Difrator de raios-X, onde o aluno tem acesso à uma planilha com dados e a partir dela propõe explicações. Em alguns casos, os alunos podem operar o equipamento, sendo a inserção da amostra realizada por um terceiro.
EDCR	Experimentos Didáticos Controlados Remotamente	Utilizam equipamentos reais, sendo acessados via internet. Os resultados podem sofrer mudanças dependendo das variáveis como temperatura no laboratório e preparo dos reagentes. O experimento geralmente é construído por preceitos pedagógicos, visando o aprendizado do aluno. Geralmente estão alocados em algum laboratório, como Laboratórios Remotos.

Fonte: A autora, 2023.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa pode ser caracterizada como qualitativa devido à abordagem do problema. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), pesquisas como esta têm como fonte de dados o ambiente natural, que tem na forma do investigador seu instrumento principal, pois é este que terá contato direto com os dados, compreendendo e analisando-os. Ainda de acordo com estes autores, a investigação é descritiva e busca-se compreender todo o processo e não apenas um dado isoladamente. Desta forma, a análise costuma ser feita de maneira indutiva, sendo o significado dos dados construído ao longo da pesquisa.

Prodanov e Freitas (2013) acrescentam que, nesta abordagem metodológica, existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito que não pode ser traduzida de modo numérico. Desta forma, nosso estudo se caracteriza como qualitativo também com relação aos resultados devido a seu caráter descritivo do objeto de estudo e dos dados obtidos.

A pesquisa aconteceu em duas etapas distintas e que se inter relacionam. A primeira delas foi o 4.1 Desenvolvimento do Experimento Controlado Remotamente, etapa que abrangeu a concepção, construção, automação e testes do experimento que foi utilizado na segunda etapa: a entrevista com professores de Química do Ensino Superior. O objetivo principal desta etapa é analisar qualitativamente as percepções destes docentes sobre o uso didático de um experimento controlado remotamente através da realização de entrevistas semi-estruturadas.

Estas entrevistas estão organizadas em dois momentos distintos: questões sobre as concepções dos docentes sobre o uso das tecnologias no Ensino de Química e posterior apresentação do Experimento Didático Controlado Remotamente de titulação ácido-base. As etapas da metodologia estão organizadas em tópicos, como pode ser observado no Quadro 5, com seus respectivos objetivos.

Quadro 5 - Etapas metodológicas

Tópicos da metodologia	Conteúdo
4.1 Construção de um Experimento de Titulação Ácido-Base Controlada Remotamente	Descrição do contexto em que foi desenvolvido o EDCR, assim como suas especificações técnicas e funcionamento.
4.2 Percurso Metodológico	Justificativa para escolha dos sujeitos da pesquisa e instrumento de coleta de dados.
4.3 Metodologia de análise	Descrição da análise qualitativa.
4.4 Contexto dos sujeitos	Apresentação do perfil dos entrevistados

Fonte: A autora, 2023.

4.1 Construção de um Experimento de Titulação Ácido-Base Controlada Remotamente

Considerando o apresentado no Capítulo 3, é possível observar a ausência de ECR voltados para a Química, especialmente se considerarmos a falta de detalhes sobre autonomia e interface dos mesmos. Diante disso, um dos objetivos secundários da pesquisa foi desenhar, projetar, desenvolver e implementar um Experimento Didático Controlado Remotamente.

Este experimento está localizado fisicamente no Laboratório Remoto UNIFEI, que funciona desde 2012, na Universidade Federal de Itajubá. Em novembro de 2023 o acervo de atividades experimentais contidas no espaço é de 10, com dois experimentos em fase final de teste.

Desde sua origem, o LabRemoto possui como premissa a participação ativa em todas as etapas dos experimentos, desde sua idealização até o funcionamento em rede. Para isso, a equipe apresenta habilidades e conhecimentos em modelagem em 3D, eletrônica, linguagem de programação e mecânica. Buscando construir experimentos significativos para a Educação Básica (Ensino Fundamental e Médio), Técnica e ES, o laboratório tem como missão facilitar o acesso de alunos a experimentos e equipamentos reais, que possam ser operados e manipulados via internet.

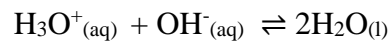
Um outro ponto filosófico importante é que o laboratório compreende e reconhece a importância de experimentos realizados de maneira presencial para a formação do aluno, não sendo o intuito dos ECR substituí-los. Na realidade, EDCR são uma forma de oferecer acesso a experimentos de qualidade para alunos que não tem a possibilidade de comparecer presencialmente a um laboratório.

Para isso, o design dos experimentos é pensado de modo a garantir autonomia para o professor e o aluno, pois “o design não deve ditar uma metodologia a um professor. Em outras palavras, o design deve ser versátil” (CAETANO et al., 2022, p. 12, tradução nossa). Por conta disso, os experimentos construídos tem o intuito de ter um *layout* simples e intuitivo que pode ser adequado a diversas metodologias e objetivos de aprendizagens. O endereço eletrônico para acesso é: <https://labremoto.unifei.edu.br/src/welcome.php> , com a guia para os experimentos localizada no canto esquerdo.

O experimento escolhido para esta etapa foi uma Titulação do tipo Ácido-Base. A motivação para esta temática se dá no conteúdo ser abordado durante o Ensino Médio (BRASIL, 2018) e ter relevância no ciclo de formação inicial dos cursos de Ensino Superior.

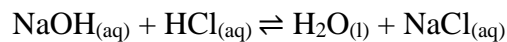
Ademais, a titulação abrange diversos conteúdos como acidez, basicidade, reação de neutralização, preparo de soluções, reações estequiométricas, evidências macroscópicas e conversão de concentração, possibilitando seu uso em diferentes etapas de Ensino e com diferentes finalidades pedagógicas.

A titulação ácido-base, também conhecida como volumetria de neutralização ou volumetria ácido-base, consiste na reação entre os íons H_3O^+ e OH^- , onde o equilíbrio entre as espécies é atingido quando:



Uma das teorias ¹utilizadas para caracterizar ácidos e bases é de Arrhenius, que caracteriza ácidos como substâncias que se ionizam em solução aquosa formando íons H^+ , caracterizando-se como doadores de prótons. Já as bases são receptoras de prótons, podendo produzir íons hidróxido (OH^-) em soluções aquosas (BROWN; LEMAY; BURSTEN,2005).

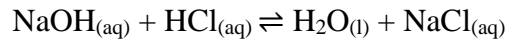
Quando uma substância ácida é colocada em contato com uma básica, a reação resultante é chamada de neutralização, como a regida pela equação a seguir:



Os métodos titulométricos são compostos por diversos procedimentos quantitativos que se baseiam na medida da quantidade de um reagente de concentração conhecida que é consumida pelo analito (SKOOG; WEST; HOLLER, 2009). Em outras palavras, as titulações são empregadas em análises quantitativas que tem o objetivo de determinar algumas das espécies envolvidas.

A titulometria volumétrica envolve a medida de volume de uma solução de concentração conhecida, chamada de solução padrão ou titulante padrão, que reage com um analito de concentração desconhecida, chamado de titulado. A titulação acontece com a lenta adição de uma solução padrão, que está contida em uma bureta (vidraria volumétrica com graduações) a uma outra solução de concentração desconhecida até o ponto de final da titulação. Este ponto é atingido quando a quantidade de titulante adicionada é estimada a ser equivalente à quantidade de analito na amostra, devendo ser próxima ao ponto de equivalência (SKOOG; WEST; HOLLER, 2009). Tomemos como exemplo a reação a seguir:

¹ Outras teorias podem ser utilizadas para caracterizar ácidos e bases, como a de Bronsted-Lowry e a de Lewis, sendo escolhida a de Arrhenius por conta da característica do experimento e teor das discussões estabelecidas.



O ponto de equivalência teórico desta reação é alcançado quando a quantidade de NaOH é quimicamente igual a quantidade de HCl, ou seja, 1 mol de ambas as espécies. O ponto final da reação pode ser indicado por uma mudança de cor², dependendo do indicador utilizado (SKOOG; WEST; HOLLER, 2009).

A maioria das reações de neutralização são incolores e não existe nenhum indicador macroscópico para indicar o ponto final da titulação, ou seja, momento que a quantidade de ácido se iguala a quantidade de base, sendo importante o uso de algum indicador ácido-base que terá sua coloração modificada nesta etapa. Os indicadores utilizados em reações de neutralização são ácidos ou bases orgânicas fracas que mudam de coloração em meio ácido ou básico. Os três grupos principais de indicadores são as ftaleínas (fenolftaleína), sulfoftaleína (vermelho de fenol) e azo compostos (alaranjado de metila) (VOGEL, 1981).

A relação existente entre a quantidade de matéria das espécies envolvidas pode ser simplificada pela seguinte relação:

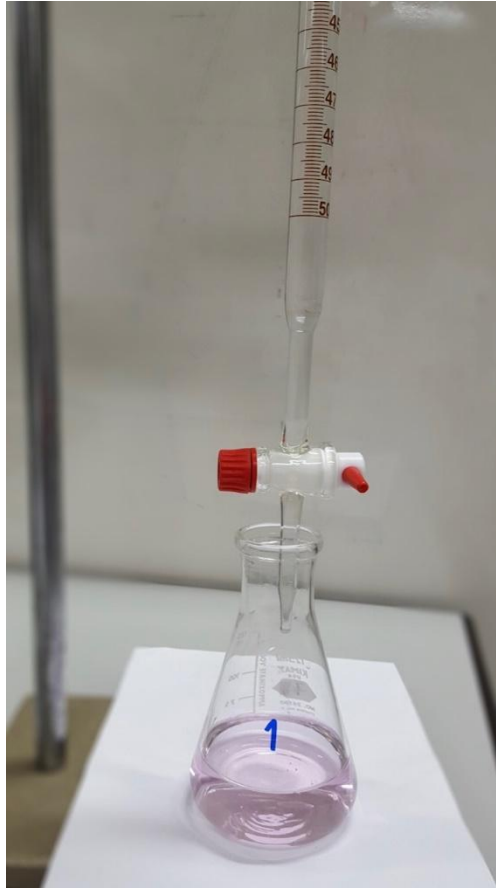
$$V_a C_a = V_b C_b$$

Ou seja, no ponto final, o volume do ácido vezes a concentração do ácido precisa ser igual ao volume da base vezes a concentração da base, o que nos permite determinar a concentração de uma das espécies envolvidas.

O experimento realizado de maneira presencial utiliza uma bureta (que contém a solução de concentração conhecida) e um erlenmeyer (com o analito de concentração desconhecida), podendo a agitação ocorrer via chapa ou mecânica, como mostrado na Figura 5.

² Outras formas de controle podem ser utilizadas em titulações volumétricas, como o pH.

Figura 5 - Aparato para realização de uma titulação



Fonte: Wikipédia, Acid and Base Titration³

A primeira etapa consiste no aluno realizar a ambientação da bureta com a solução padrão e adicionar uma quantidade precisa do analito ao erlenmeyer. Neste momento é adicionado o indicador. Após ambientação, é adicionado NaOH a bureta, sendo realizado um ajuste de menisco, curva que se forma na superfície do líquido em contato com o outro objeto devido a tensão superficial. Este ajuste consiste em posicionar a parte mais baixa da curvatura com o ponto zero da marcação volumétrica.

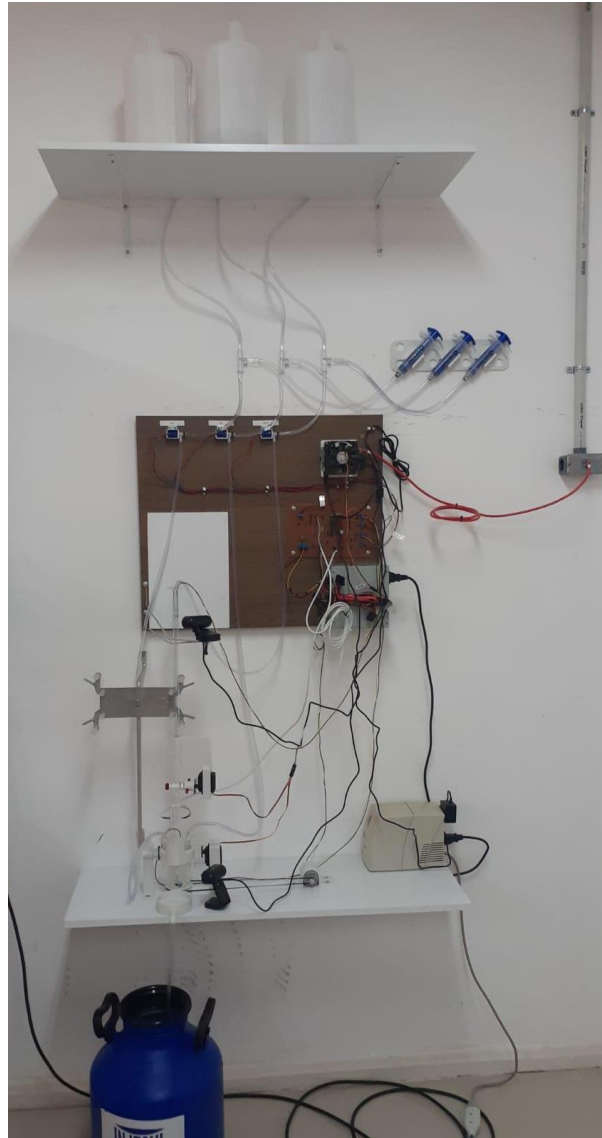
Procede-se então a adição lenta do hidróxido sobre o ácido que está mantido sob agitação. O ponto final da titulação é observado quando acontece uma mudança de coloração na solução, devendo ser registrado o volume gasto na bureta. É recomendado que este procedimento aconteça, no mínimo, em triplicata para maior precisão dos dados.

³ Disponível em:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acid_and_Base_Titration.jpg#metadata>. Acesso em: 17 jan. 2024.

O experimento aqui construído, intitulado Titulação Ácido-Base que pode ser visto na Figura 6, busca recriar da maneira mais fidedigna possível uma titulação didática. Para isso foi necessário um processo de automação do aparato experimental, cujos principais aspectos serão detalhados a seguir.

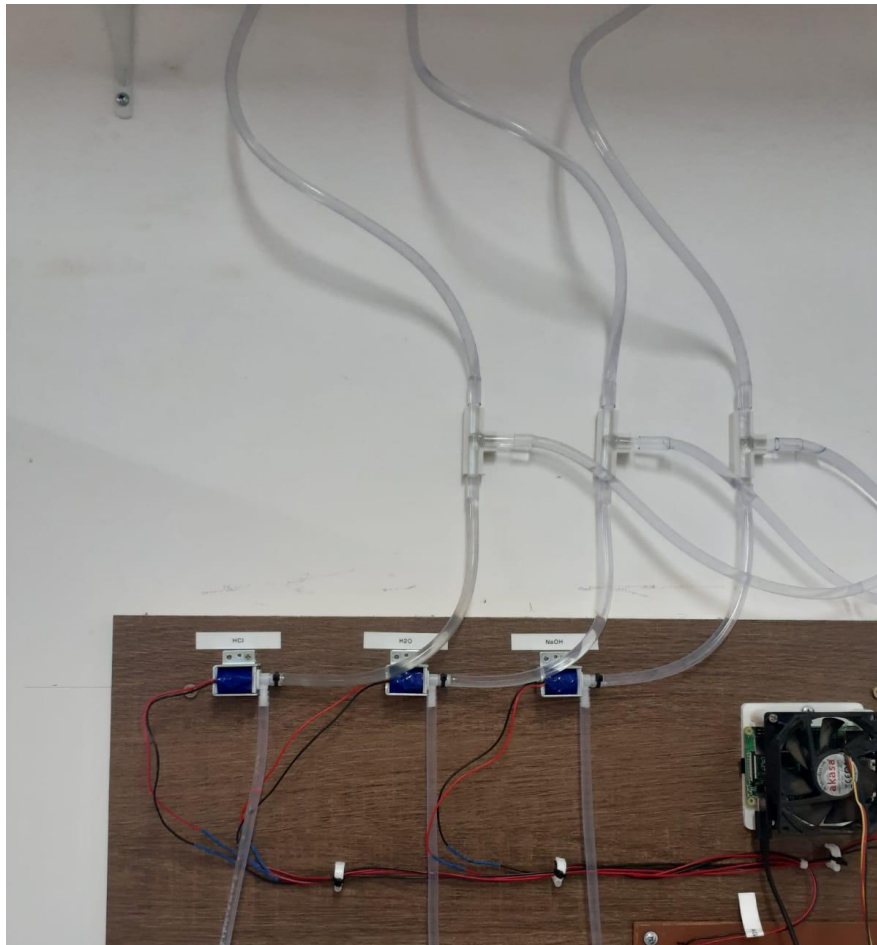
Figura 6 - Elementos da Titulação ácido-base controlada remotamente



Fonte: A autora, 2023.

A admissão dos reagentes é feita por meio do controle de válvulas eletromecânicas, tipo solenoide com tensão nominal de 12 volts, com controle obtido por meio de transistores que, ao receberem um sinal, permitem a passagem de corrente pelo solenoide, resultando na abertura da válvula. O fechamento ocorre quando o sinal é interrompido – válvulas normalmente fechadas. A Figura 7 mostra as três válvulas utilizadas no EDCR.

Figura 7- Visualização das válvulas e tubulações conectadas aos reservatórios



Fonte: A autora, 2023.

Para dar maior autonomia para o experimento, três galões foram posicionados acima do experimento. Estes galões possuem a solução de NaOH previamente preparada e padronizada, a solução de ácido clorídrico com o indicador fenolftaleína e água destilada utilizada no processo de lavagem.

O nível máximo de NaOH na bureta é controlado por um sensor cujos terminais são constituídos de grafite. Ao tingir o sensor, a solução fecha o contato entre os terminais e um sinal é enviado para o microcontrolador que fecha a válvula do reagente. Também existe um sistema de segurança para evitar o transbordamento da solução, o qual consiste em um transistor. Uma das câmeras do experimento está posicionada de modo a permitir visualização da bureta, possibilitando o ajuste de menisco e leitura do volume adicionado, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Câmera apontada para a bureta



Fonte: A autora, 2023.

O gotejamento do NaOH no Becker é feito através de um servo motor acoplado à válvula da bureta, com contagem de gotas ocorrendo a partir do número de interrupções detectadas em um par emissor-receptor infravermelho posicionado na saída da bureta.

A admissão das demais soluções no Becker (água destilada e HCl) ocorre abrindo as válvulas correspondentes e deixando que o reagente chegue ao Becker através dos dutos, os quais estão fixados a um suporte, produzido em uma impressora 3D e fixado na parte interna do Becker. O nível desses reagentes é controlado da mesma maneira que o nível de reagente na bureta, ou seja, através de um sensor com terminais de grafite. A segunda câmera do experimento, Figura 9, está posicionada de maneira a visualizar o béquer, permitindo observar a mudança de coloração da solução que indica o ponto final da reação.

Figura 9 - Câmera apontada para o béquer



Fonte: A autora, 2023.

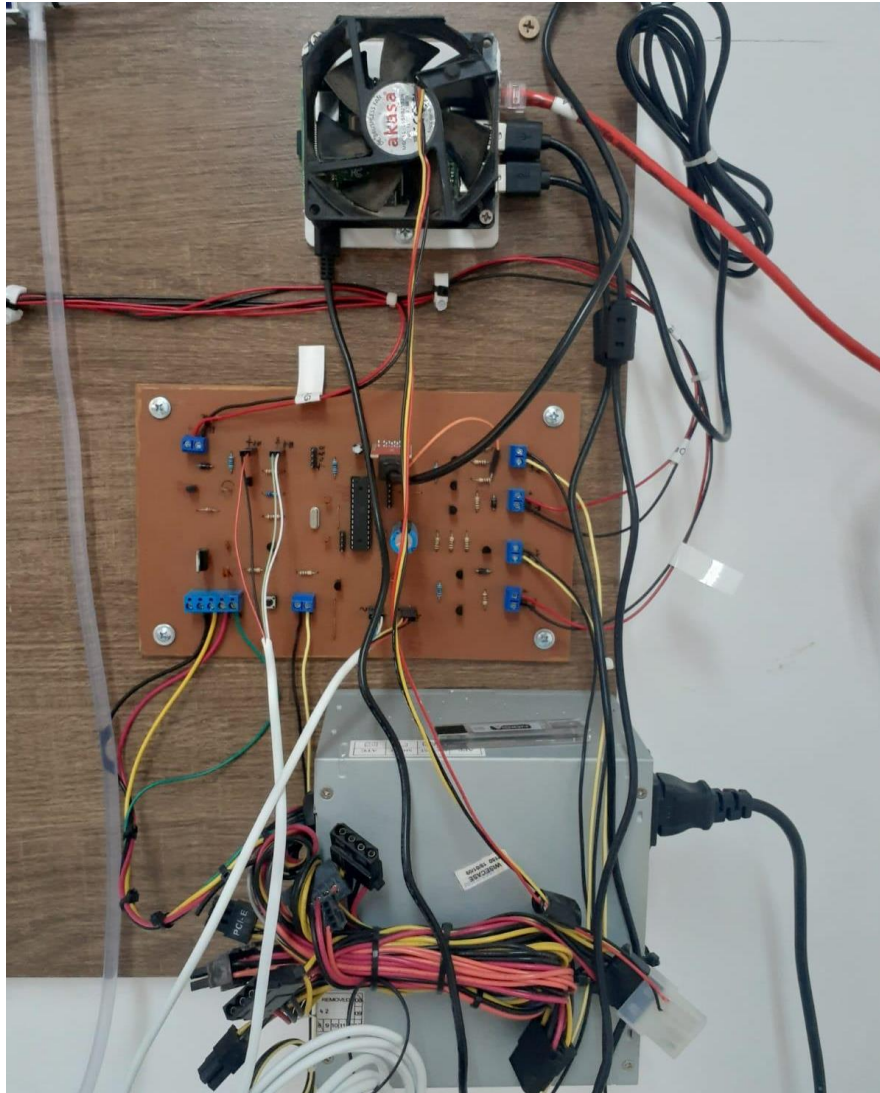
O descarte da solução acontece por meio de um coletor acoplado ao Becker, escoando para um reservatório. Abaixo do Becker existe uma polia com um ímã acoplado que atua como agitador para a solução. Um torque é transmitido para essa polia por meio de uma correia que passa por outra polia acoplada a um motor, cuja potência é controlada por um sinal. O sistema de lavagem consiste no descarte da solução oriunda da titulação, lavagem do béquer sob agitação e descarte deste resíduo, permitindo a repetição do experimento por parte do usuário.

Para viabilizar todas essas ações, foi concebido, planejado e desenvolvido um circuito eletrônico com um microcontrolador que se comunica com o servidor do experimento que pode ser visto na Figura 10. Em suma, as ações que são realizadas são: i) a admissão de reagentes, controlada através de válvulas eletromecânicas; ii) o gotejamento do NaOH, controlado por um servo motor acoplado à válvula da bureta; iii) controle do agitador magnético e iv) transbordo dos reagentes para o reservatório, por meio de um servo motor acoplado à estrutura do Becker.

O servidor do experimento consiste em uma Raspberry Pi 4 Model B que executa dois algoritmos desenvolvidos em linguagem Python. O primeiro realiza o streaming das imagens

das duas câmeras USB Full HD disponíveis no experimento, e o segundo roda um servidor RESTful que recebe os comandos da interface gráfica do usuário e os envia para o microcontrolador AVR. Esse algoritmo também envia as respostas do microcontrolador para a interface.

Figura 10 - Circuito mecânico do experimento

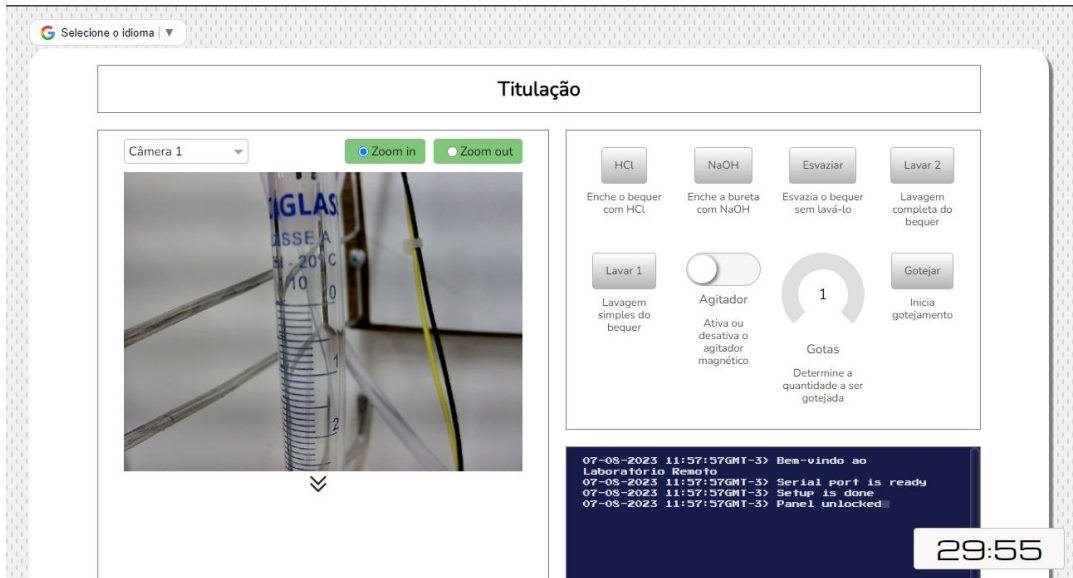


Fonte: A autora, 2023.

A interface do usuário é uma página web desenvolvida com as linguagens HTML, JavaScript e PHP sendo acessadas no endereço eletrônico do Laboratório Remoto UNIFEI, podendo ser vista na Figura 11. As interfaces possuem sempre ao menos os três componentes seguintes: a) streaming de imagem – um quadro onde são exibidas as imagens das câmeras e onde o usuário pode fazer a seleção da câmera desejada, além de alterar alguns parâmetros básicos, como o esquema de cores e resolução das imagens. b) painel de controle – aqui estão

os botões, os controles do experimento, como pode ser visto na Figura 7 que mostra a interface do EDCR de Titulação.

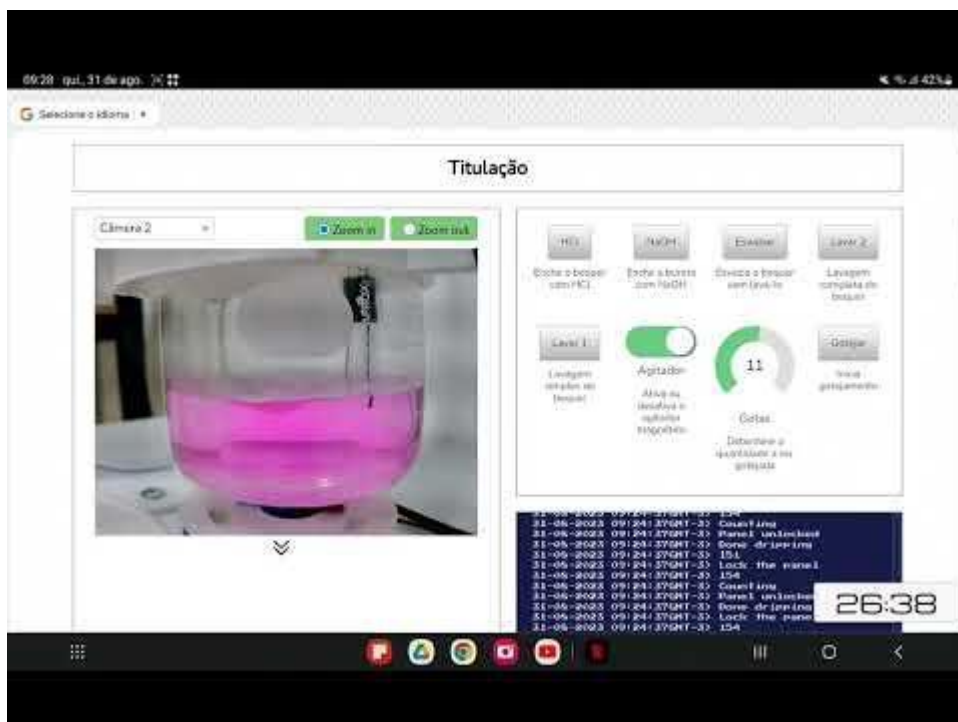
Figura 11 - Interface do ECR Titulação



Fonte: A autora, 2023.

Do ponto de vista do usuário, ou seja, com o acesso via internet, o EDCR de Titulação Ácido-Base pode ser visto no Vídeo 1.

Vídeo 1 - Visualização do EDCR de Titulação Ácido-Base



Fonte: A autora, 2023.

A idealização do experimento teve início em outubro de 2022 e o processo de construção e testes aconteceram entre janeiro e fevereiro de 2023. A validação envolvendo usuários foi feita durante uma disciplina de Química Geral no primeiro semestre de 2023, no qual a autora foi estagiária docente. Com os comentários e críticas dos alunos, foram feitos alguns ajustes antes de apresentar o experimento aos sujeitos da pesquisa. Por uma questão de segurança, o experimento em questão é deixado no ar mediante agendamento de atividade, existindo a pretensão de mantê-lo online todo o tempo em momento futuro.

Após a construção do experimento foi realizada uma busca na literatura por trabalhos semelhantes, sendo encontrados quatro trabalhos. Soong e colaboradores (2021) apresentam uma titulação com automação do conta gotas e uma única câmera de visualização mostrando o erlenmeyer, sendo relatado que é necessário a presença de um técnico para ajuste do menisco e não sendo feito comentários sobre a injeção das amostras de NaOH ou HCl. O artigo também apresenta um sistema semelhante com uso de um eletrodo para determinação de pH, funcionando nos mesmos parâmetros, necessitando da presença de um técnico para repetição dos experimentos.

O trabalho de Yang e colaboradores (2021) consiste em um sistema de titulação ativado por voz, com uso de injetores automáticos para uma titulação automatizada. O artigo não apresenta quantidade adequada de imagens para maior compreensão da interface, mas relata que são duas câmeras para visualização dos usuários que precisam entrar em uma reunião do Zoom para ter acesso a elas.

O trabalho de Idoyaga e colaboradores (2021) busca compreender as percepções de professores universitários sobre o ensino de química com laboratórios remotos, utilizando um experimento de titulação ácido-base. O experimento consiste em uma bureta automatizada e um eletrodo para medição de pH para a titulação de ácido cítrico com hidróxido de sódio, não sendo relatado como é as soluções são adicionadas, como é o processo de descarte ou mesmo como é feito o acesso pelos alunos.

O EDCR construído utiliza reagentes reais (NaOH e HCl), injeção automática das soluções, controle da bureta e também um processo de lavagem que possibilita a repetição dos experimentos sem interferência externa. As soluções estão armazenadas em reservatórios de 5 litros, garantindo um tempo de uso relativamente longo de modo autônomo. O experimento também possibilita a leitura analógica de equipamentos (o ajuste do menisco é feito pelo usuário) e a possibilidade de erros, sendo o ponto de viragem determinado também pelo usuário.

4.2 Percurso Metodológico

Considerando os objetivos da pesquisa, foram selecionados professores de Química do ES, vinculados a uma Universidade Federal do estado de Minas Gerais. A escolha deste público foi motivada pelo fato destes profissionais já terem lecionado, em algum momento de sua carreira, a disciplina de Química Geral Experimental para os cursos de Química Bacharelado e/ou Licenciatura.

Esta disciplina engloba conhecimentos gerais sobre a química e os principais procedimentos práticos aplicados em laboratório, e tem entre suas práticas uma titulação ácido-base.

Para o recorte aqui estabelecido, a disciplina está localizada no primeiro semestre dos cursos de Química Bacharelado e Licenciatura de uma Universidade pública localizada em Minas Gerais, tendo como objetivo apresentar aos alunos a natureza dos processos químicos de transformação da matéria e ensinar os principais procedimentos práticos em um laboratório. A ementa conta com:

- Noções de segurança em laboratório;
- Introdução às técnicas laboratoriais;
- Reações químicas;
- Estequiometria;
- Preparo e padronização de soluções;
- Cinética Química;
- Equilíbrio Químico;

O corpo docente da referida instituição conta com 19 professores vinculados ao curso de Química. Considerando que o curso existe desde 2012, foram convidados aqueles que lecionaram a disciplina entre os anos de 2018 e 2023 por considerarmos que eles teriam maior facilidade em lembrar as práticas e apresentar suas concepções sobre a disciplina e sobre o experimento de titulação, atendendo a este critério 11 docentes.

O instrumento escolhido para a coleta dos dados foi a entrevista do tipo semi-estruturada, ou seja, uma série de perguntas ordenadas de maneira lógica e agrupadas por pautas (GIL, 2008). Neste tipo, o entrevistado tem liberdade para falar livremente sobre o tema, sendo papel do pesquisador conduzir as perguntas e retomar o foco quando necessário. Este tipo de instrumento de coleta permite ainda uma maior flexibilidade e liberdade, tanto para o pesquisador quanto para o entrevistado (GIL, 2008).

Para a organização da entrevista um roteiro foi construído, contando com cinco blocos com questões orientadoras e seus objetivos, como pode ser visto no Apêndice C. A entrevista foi dividida em dois momentos, com a coleta dos comentários dos professores sobre a experimentação e percepções das mesmas mediadas pelas tecnologias e a posterior apresentação do EDCR, com seus comentários e possíveis mudanças de concepções sobre experimentos remotos.

Por envolver manejo de informações fornecidas por seres humanos na construção dos dados, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas (CEP), identificado pelo CAAE 67985923.4.0000.5094 e aprovado pelo parecer número 6.068.922. Para a coleta de dados foi também elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), visando garantir sigilo das informações e respeito aos direitos dos sujeitos, de forma que a participação na entrevista se dá, inicialmente, mediante leitura e concordância com os termos.

Para verificar se a entrevista estava de acordo com os objetivos criados, foi realizada sua validação na forma de uma entrevista piloto com um professor do público-alvo que havia tido um contato prévio com o experimento desenvolvido. Após esta validação, foi observado que o roteiro de entrevista atendia aos objetivos da pesquisa, não sendo necessária a realização de ajustes de seus procedimentos.

Inicialmente foi proposto a aplicação de um questionário após as entrevistas com objetivo de avaliar, em escala Likert, as percepções dos professores sobre o EDCR, sendo a etapa modificada pois durante a validação foi observado que o questionário atua como uma continuação da entrevista sendo mais proveitoso utilizar os comentários dos professores durante as respostas.

Após a seleção do público, o convite foi feito via correio eletrônico para os 11 sujeitos, havendo o retorno de 08, sendo este o quantitativo para a construção dos dados. As entrevistas ocorreram entre os meses de Julho e Setembro de 2023.

Sete das entrevistas aconteceram de modo presencial, mediante agendamento prévio (E1,E2,E3,E4,E5,E6, E7) e apenas a entrevistada E8 teve a entrevista conduzida via plataforma Google Meet. Cada entrevista realizada até o momento teve duração média de 40 minutos.

As entrevistas tiveram o áudio gravado e armazenado em disco rígido externo, e foram todas transcritas utilizando como suporte o website *Pinpoint*.⁴ Após a realização da primeira etapa da entrevista, foi apresentado ao entrevistado o experimento remoto construído, sendo a

⁴ O Pinpoint é uma ferramenta gratuita da empresa Google que utiliza conversão de voz em texto, com uso gratuito.

interação mediada pela pesquisadora. O entrevistado então respondeu às perguntas contidas no Apêndice D e as respostas objetivas foram discutidas dialogando com os comentários feitos durante o uso do EDCR.

4.3 Metodologia de análise

As entrevistas foram analisadas por meio de abordagem qualitativa. Foram consultados diferentes referenciais sobre este tipo de análise (ALVES; SILVA, 1992; LÜDKE; ANDRÉ, 2014; MINAYO, 2012), sendo utilizada como referência principal o trabalho de Miles e Huberman (1994), que apresenta a análise qualitativa acontecendo em três etapas: redução, exposição e verificação.

Considerando a exposição dos dados para esta etapa de qualificação, foi feita uma proposta de análise baseada nos blocos da entrevista, sendo as respostas agrupadas por semelhança e discutidas.

A redução dos dados consiste em realizar a transcrição das entrevistas, possibilitando a sistematização dos resultados, sendo a primeira etapa da análise, pois neste primeiro momento o autor tem a possibilidade de se deixar impregnar pelos resultados (LÜDKE; ANDRÉ, 2014).

A exposição é a organização dos resultados de maneira clara e coerente, sendo feita nesta pesquisa na forma dos blocos da entrevista. Cada bloco será analisado e discutido buscando encontrar pontos em comum entre os entrevistados. Para além das perguntas norteadoras, serão discutidos elementos que emergiram da fala dos professores, sempre amparados pela revisão bibliográfica realizada.

Com a análise dos dados feita, foi realizada uma tentativa de conclusão das discussões estabelecidas, buscando encontrar regularidade, padrões e até mesmo diferenças entre as falas dos entrevistados (ALVES; SILVA, 1992).

Os agrupamentos utilizados emergiram do roteiro de entrevista e podem ser vistos no Quadro 6, apresentado a seguir.

Quadro 6 - Agrupamentos dos das entrevistas

Agrupamento	Definição
Experimentação na Química	É solicitado que o entrevistado comente sobre a importância que atribui à experimentação para a formação do aluno.
Uso das TDIC	Busca compreender como é a relação do docente com as TDIC atualmente e se ele a utiliza em contextos experimentais.
Compreensão sobre Experimento Remoto	Busca compreender qual a definição adotada para Experimento Remoto e como ele encara o uso em contextos didáticos.
Percepção sobre o experimento Titulação Ácido-Base	Busca discutir as potencialidades, limitações e retorno dos discentes após o uso do ECR desenvolvido.

Fonte: A autora, 2023.

As respostas serão apresentadas por semelhança, discutindo as falas com o referencial teórico adotado para a pesquisa.

4.4 Contexto dos sujeitos

Os sujeitos foram selecionados, inicialmente, por terem ministrado a disciplina de Química Geral Experimental por inferirmos que, devido sua estrutura, esta disciplina prevê uma diversidade de habilidades, técnicas e conteúdos afins ao objetivo deste trabalho, permitindo assim compreender de maneira mais abrangente como estes professores enxergam a relação da experimentação na química mediada pela tecnologia, na forma de um ER.

Para garantir a sigiliosidade dos dados, os sujeitos foram codificados por (E) seguido de um algarismo arábico referente a ordem em que a entrevista foi realizada. No Quadro 7 são descritas as codificações dos sujeitos, assim como sua formação inicial, área de atuação na Universidade e período de formação.

Quadro 7 - Identificação dos sujeitos

Sujeito	Formação Inicial	Área de pesquisa	Formação (graduação ao doutorado)	Instituição de formação inicial
E1	Bacharel em Farmácia	Físico-Química Orgânica Computacional	1997 a 2009	Universidade Federal de Minas Gerais
E2	Bacharel e Licenciado em Química	Química Orgânica	2004 a 2013	Universidade Federal de Viçosa
E3	Bacharel e Licenciado em Química	Química Inorgânica	2003 a 2014	Universidade Federal do Paraná
E4	Licenciada em Química	Química Inorgânica	1998 a 2006	Universidade Federal do Paraná
E5	Bacharela e Licenciada em Química	Química Computacional	1999 a 2009	Universidade Federal de Juiz de Fora
E6	Bacharela em Química	Química Analítica - Ambiental	1984 a 1995	Universidade Estadual de Campinas
E7	Químico Industrial	Química Orgânica	1997 a 2009	Universidade Federal Fluminense
E8	Bacharela e Licenciada em Química	Química Analítica Ambiental	1997 a 2007	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Fonte: A autora, 2023.

É possível observar que a maioria dos sujeitos realizou suas formações durante o final dos anos 1990 e começo dos anos 2010, com exceção de E6. Os sujeitos possuem formações iniciais distintas, com a maioria na área de química (bacharelado ou licenciatura), em diversas instituições brasileiras. Após a graduação, os entrevistados seguiram áreas de pesquisas distintas, realizando suas pós-graduações em diferentes Instituições.

A diversidade de experiências prévias dos entrevistados nos permite inferir a diversidade dos dados aqui apresentados. Mesmo que atualmente todos sejam professores da mesma instituição, eles tiveram experiências distintas e únicas durante suas formações, pesquisando e lecionando diferentes disciplinas, o que impacta na diversidade dos dados.

Entretanto, algumas similaridades foram observadas com relação ao contato que tiveram com as TDIC. Os oito relataram que o uso de aparatos tecnológicos era incipiente durante a graduação, aumentando o contato durante o período de pós-graduação.

O entrevistado E8 relatou que teve a oportunidade de trabalhar com um software de desenho de estruturas orgânicas em 3D durante um período de Iniciação Científica. A entrevistada E8 também relatou que em um intercâmbio para a Espanha ela digitalizava as práticas de laboratório para disponibilizá-las na página da Universidade, sendo este o maior contato que teve com tecnologias digitais durante a graduação. Os entrevistados E1 e E5 também relataram que tiveram um breve contato com computadores no final de suas graduações devido à aproximação com a área da química computacional, tornando-se mais intensa durante a pós-graduação.

O pouco contato dos entrevistados com TDIC durante suas graduações pode ser explicado pelo período em que realizaram suas formações e como os computadores ainda eram escassos no Brasil. Estudos sobre a aplicabilidade da informática na educação que fossem embasados em pesquisas nacionais tiveram início com a criação da Secretaria Especial de Informática na década de 1970, com as primeiras parcerias com instituições de ES firmadas em 1984 (MORAES, 1993). Com a instalação do período da ditadura militar ocorreram mudanças na política e administração educacional, com a retomada das políticas públicas voltadas para a inclusão da informática na educação no início dos anos 1990.

A falta de contato com as tecnologias durante suas formações iniciais e como estes professores se apropriaram, ou não, destes recursos no decorrer de suas formações, nos permite analisar um pouco como as experiências e áreas de atuação dos discentes impactam em suas visões sobre o uso das TDIC no ensino.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os dados e discussões obtidos através das entrevistas realizadas com os oito professores de Química do ES que são sujeitos desta pesquisa. A análise dos dados se deu por abordagem qualitativa, tomando como referencial principal o trabalho de Miles e Huberman (1994).

Os agrupamentos analíticos foram criados com base no roteiro das entrevistas, sendo divididos em: percepções sobre a experimentação na química; compreensões sobre o uso da tecnologia no ensino e em contextos experimentais, compreensão sobre Laboratórios Remotos e percepções sobre o EDCR de Titulação Ácido-Base, sendo estes discutidos com base das similares nas falas e argumentações dos entrevistados e no referencial teóricos adotado para esta pesquisa, como pode ser visto no Quadro 8.

Quadro 8 - Agrupamentos dos dados das entrevistas

Ordem das etapas	Agrupamento	Objetivo do agrupamento
1	Experimentação na Química	É solicitado que o entrevistado comente sobre a importância que atribui à experimentação para a formação do aluno.
2	Uso das TDIC	Busca compreender como é a relação do docente com as TDIC atualmente e se ele a utiliza em contextos experimentais.
3	Compreensão sobre Experimento Remoto	Busca compreender qual a definição adotada para Experimento Remoto e como ele encara o uso em contextos didáticos.
4	Apresentação do experimento remoto	Busca discutir as potencialidades, limitações e percepções dos discentes após o uso do ECR desenvolvido.

Fonte: A autora, 2023.

Por opção, nas seções a seguir, setes agrupamentos serão apresentados e discutidos na ordem em que foram apresentados no quadro, sendo esta a mesma sequência de realização das perguntas das entrevistas.

5.1 Experimentação na Química

O experimento no ensino de ciências pode possuir diferentes significados a depender da formação inicial dos professores, suas experiências pessoais e suas concepções sobre a natureza da ciência.

Nesta investigação os entrevistados concordam entre si que a experimentação é essencial para a formação de um químico, tanto em aspectos profissionais, quanto científicos. Por exemplo o Entrevistado 1 que deixou explícito em sua fala que “O que seria a ciência sem a experimentação? Sem você observar uma coisa que acontece, sem aquilo te chamar atenção, e sobretudo sem você tentar entender como aquilo funciona” (E1). A entrevistada 5 também deixou claro que existe uma importância do “contexto histórico de estruturação da química como ciência” (E5) e como a realização de experimentos é necessária para chegar a explicações científicas.

Estas falas indicam, na visão destes professores, a forte relação existente entre a experimentação e a epistemologia do conhecimento químico, como apresentado por Giordan (1999), Borges (2002) e Raicik e Peduzzi (2015), fazendo com que a atividade experimental se torne um espaço rico para discutir o conteúdo referente a química e também desenvolver o senso crítico nos alunos.

Ainda, considerando a área de atuação de E1 e E5 ser da química computacional, estes ressaltam em suas falas que a experimentação é importante “seja qual for a forma desse laboratório” (E1), e que na realização dos experimentos computacionais “eu tenho uma etapa de planejamento dos meus experimentos de simulação, eu tenho uma etapa de produção desses experimentos de simulação e eu tenho uma outra etapa de observação desses resultados. Não são experimentos onde são realizados uma observação macroscópica, mas eu considero que são experimentos nesse contexto mais geral da química” (E5).

Segundo E1, a química computacional utiliza de simulações, fundamentadas em conceitos experimentais e teóricos para que sejam criadas simulações de “docking molecular, de dinâmica molecular” ou seja, a previsão de qual a orientação mais favorável para que uma molécula se ligue a outra, sempre utilizando conceitos de energia e a formação do complexo mais estável. Ele também afirma que “essas simulações obviamente não deixam de ser experimentação, porque você está tentando entender como que é um processo”, reconhecendo que nem todos os processos químicos podem ser adequados a um laboratório, devido, por exemplos, a questões de reagentes, velocidade de uma reação, custo (financeiro e de tempo), entre outros fatores, destacando que “um não exclui o outro (...) você sempre vai precisar do experimento (...) mas você consegue (...) evitar repetição de experimentos, muitas vezes desnecessários, em função de você ter uma simulação que previamente apontou um caminho esperado”(E1).

Ou seja, ambos os entrevistados compreendem que a experimentação é composta por etapas mais amplas e complexas, do que a manipulação de aparatos e reagentes, envolvendo

objetivos e planejamento, como apontado por Kuhn (2010) e outros epistemólogos da ciência que afirmam que é a experimentação é regida por um método científico rigoroso que caracteriza a confiabilidade do método.

Já entrevistada E4 apresenta em sua fala que a experimentação permite relacionar a teoria com a prática, e que isso é essencial na formação, ideia corroborada por E6 que afirma que, independente da área de atuação que o químico escolha atuar, ele precisa ir para o laboratório e entender as atividades básicas manipulativas.

E3 e E7 também deixaram claro em suas respostas que o profissional que está sendo formado na graduação precisa ter autonomia para tomar decisões, e que isso pode ser desenvolvido durante a experimentação pois a manipulação de reagentes, vidrarias e equipamentos permite que os alunos levantem hipóteses, tomem decisões e utilizem seus sentidos organolépticos durante experimentos de bancada.

Essas questões são também apontadas por Neves e Goi (2017) que afirmam que a experimentação tem a capacidade de “despertar o senso crítico de observar um fenômeno, produzir dados e formular hipóteses sobre o que está acontecendo, promovendo, assim, a aprendizagem.” (p. 138).

Pensando no aluno do ES, os entrevistados ressaltaram que as principais habilidades desenvolvidas são a coleta de dados, independência, autonomia para realizar experimentos de forma independente, segurança, tanto do ponto de vista de equipamentos de proteção quanto na segurança para tomada de decisões, desenvolvimento de capacidades emocionais para lidar com frustrações quando algo dá errado, capacidade de resolução de problemas, consciência em suas tomadas de decisões, autonomia, capacidade de observação e proposição de teorias, habilidades manipulativas e sensoriais, gerenciamento de estímulos/tarefas, organização da bancada, movimentação no laboratório. Estas habilidades são também relatadas por autores como Hodson (1988), Giordan (1999), Arruda e Laburú (1998) e Borges (2002).

A maioria dos experimentos, e todos os realizados na Química Geral Experimental, apresentam um roteiro para realização, em que já se esperava o resultado que seria observado, podendo serem classificados como experimentos do tipo verificacionista (ARAÚJO; ABIB, 2003), onde os alunos já possuem conhecimentos prévios sobre o experimento, sendo os dados facilmente confirmados utilizando livros e artigos de referência. Ao aluno, cabe interpretar aquele resultado e discutir possíveis fontes de erros quando eles acontecem, pois como apontado por Giordan (1999), o erro é importante no processo de aprendizagem por permitir promover uma reflexão racionalizada e estabelecer uma causa explicativa para o fenômeno. O erro em contextos experimentais possibilita que o aluno aprenda a lidar com a frustração, consiga propor

hipóteses e buscar formas de explicar o ocorrido. Ao estar em um contexto laboratorial o aluno precisa manipular diferentes vidrarias, preparar e padronizar soluções, realizar transferências, medições e análises quantitativas e está sujeito a uma sequência de possíveis fontes de erro, sendo importante aprender a evitá-los e também propor alternativas para solucioná-los.

Também foi ressaltado por E1, E3, E7 a importância de se conhecer as técnicas de manuseio e de preparo dos reagentes, como ambientação de vidraria e os princípios por trás de determinado experimento, retomando os conceitos de método científico. Para estes entrevistados, é importante que os alunos saibam interpretar os dados, correlacionando com a teoria.

“a gente vê a importância do aluno ter noção de como funciona o método científico, o pensamento científico. E a experimentação seja em laboratório ou até mesmo experimentações feitas por simulações computacionais, sempre vão ter esse valor, que permite você tentar entender o conceito do que é variável, o que é sistema, o que é vizinhança, o que é universo, o que você pode controlar, o que não se deve fazer, como identificar padrões; como você analisar os seus dados. Então tudo isso faz parte desse pensamento científico, nesse caso eu considero sempre extremamente válido, não só na química, mas em qualquer área, que está dentro do que nós chamamos de ciência.”(E1)

Em alguns momentos as falas deixaram explícitas a importância da experimentação para a formação profissional do aluno, e em outros momentos, que ela pode ser lida entre linhas. E4 deixa explícito que “as disciplinas do curso de graduação tem que estar muito próximas do que é aplicado na indústria”, complementando sua fala com os processos automatizados que existem, como no caso das titulações. Essas ideias também estão explícitas na fala de E7 que afirma que “um bom gestor consegue identificar se o aluno teve a prática de laboratório (...)A indústria quer alguém que já tenha uma formação consolidada e bem embasada.”.

Sobre essa questão, alguns professores relataram sobre as dificuldades vividas durante o período da pandemia de COVID-19, e como os “laboratórios virtuais” (expressão utilizada por E8) deixaram algumas lacunas de conhecimento que são evidentes nos alunos. E7 relata também que alguns alunos não tiveram nenhum contato com vidrarias e que, “por mais que você tenha experimentos muito bem feitos, do ponto de ensino, didaticamente muito bem feitos numa plataforma online (...) mas o tato, a sensibilidade ela não é transmitida para um aluno de forma online, tem que ir para a bancada mesmo” (E7). O entrevistado 3 também relatou ainda que um experimento tradicional permite que o aluno desenvolva autonomia e outros dos aspectos citados anteriormente, e que “é muito difícil você transportar isso, na minha opinião, para um experimento remoto” (E3).

De modo geral, a partir da compilação da fala dos entrevistados, foi relatado neste item que a experimentação é um pilar central para a química e para a formação deste profissional, possibilitando que os alunos compreendam melhor o uso de equipamentos, manuseio de vidrarias e reagentes, e o uso de diferentes técnicas, permitindo que eles vivenciem os fenômenos química e compreendam de maneira mais ampla os conceitos teóricos existentes. Desta forma, ao utilizarem as práticas experimentais, os alunos conseguem desenvolver inúmeras habilidades manuais e sociais, compreendendo de maneira mais profunda e completa a transformação da matéria.

5.2 Uso das TDIC

O objetivo deste bloco foi compreender a proximidade que o docente tem atualmente com as tecnologias digitais, e qual a importância que ele atribui ao uso das TDIC nas suas aulas e na formação inicial dos seus alunos.

Os oito entrevistados relataram usos distintos das tecnologias digitais em suas disciplinas teóricas ou práticas, com E2 e E7, docentes da área de orgânica, relatando que utilizam poucos elementos tecnológicos em suas aulas teóricas, apresentando simuladores ou visualizadores moleculares em conteúdos específicos, como identificadores de estrutura moleculares ou orbitais moleculares.

E3 relatou que utiliza as TDIC em suas disciplinas teóricas na forma de softwares de visualização de moléculas, realizando operações de simetria, e como uma complementação de tópicos mais abstratos e de difícil visualização, iniciando sua prática sempre com recursos mais analógicos como desenhos em 2D e modelos moleculares em três dimensões.

E5 e E6 destacaram que o uso que fazem das tecnologias é na forma de slides para aulas, com uso de recursos audiovisuais como vídeos e imagens. Além disso, estimulam os alunos a utilizarem a tecnologia para estudar e tentam trazer elementos do cotidiano, como no caso de E6 que destaca o uso de vídeos no conteúdo de tratamento de efluentes, ressaltando que a tecnologia permite que o aluno se familiarize com tópicos novos, apresentando o conceito através de algum recurso mais demonstrativo, para após isso, solicitar que realizem a atividade prática.

Com relação à formação profissional, E5 ressalta que é importante o aluno conhecer técnicas “analógicas”, ou seja, ser capaz de realizar a leitura de equipamentos e realizar técnicas sem o uso de equipamentos tecnológicos, como uma agitação manual durante uma titulação e saber interpretar os resultados obtidos, deixando claro que não é reticente ao uso da tecnologia,

mas que é importante aprender certas ferramentas e raciocínios antes de incorporar técnicas digitais no ensino.

E1 foi o entrevistado que relatou o uso da maior quantidade de ferramentas digitais, como mesa digitalizadora, criação de slides, uso de simuladores, recursos audiovisuais como vídeos, imagens e animações. Ele também ressaltou como estes recursos foram importantes durante o período pandêmico, pois permitiu que ele gravasse vídeos que disponibiliza aos alunos até os dias de hoje em suas aulas.

Mesmo com o uso incipiente de ferramentas tecnológicas, quando perguntados sobre a importância para a formação, todos os professores relatam que os alunos podem se tornar mais autônomos, aprofundando seus conhecimentos sobre o conteúdo se utilizarem as TDIC. E7 ainda destaca que o contato com elementos tecnológicos é exigido pelas indústrias, e pontuou que muitas vezes as universidades não possuem o aparato tecnológico que eles terão contato no mercado de trabalho. Mesmo assim, resalta que é importante apresentar essas ferramentas para os alunos para que se familiarizem com elas. E4 ainda destacou a importância de manter currículos formativos atualizados, destacando que nos dias atuais tudo está amparado pela tecnologia, e que é importante vincular isso em sala de aula, destacando o uso de ferramentas gráficas.

E3 relata ainda que as tecnologias beneficiam a formação inicial, ao facilitar a compreensão de fenômenos abstratos, o que também foi confirmado por E1, que também destaca os benefícios do aluno ter contato com a computação desde o início, se familiarizando com ferramentas que muito provavelmente irão utilizar durante sua carreira profissional.

Na seção anterior (5.1 – Experimentação na Química) foi ressaltado a importância das tecnologias para a carreira profissional do químico, com os docentes reconhecendo que as indústrias e campos de trabalho possuem diversos recursos tecnológicos que fazem parte do cotidiano de trabalho. Mesmo assim, estes recursos não são incorporadas em suas aulas (teóricas ou práticas), sendo possível apontar a falta de tempo para planejamento das disciplinas, atualização do currículo, cursos preparatórios que capacitem o docente a se familiarizar com as tecnologias e a falta de recursos alguns elementos explicativos para esta questão.

Por exemplo, E1 apresenta exemplos de equipamentos que são utilizados em contextos experimentais, como a técnica analítica de cromatografia líquida de alta eficiência com injeção automatizada e espectrômetro de absorção no infravermelho, onde o equipamento já retorna o resultado gráfico.

O controle de equipamentos de modo remoto como cromatógrafos, infravermelhos e difratores de raios-X são comuns, e caracterizam-se com base na nossa revisão narrativa, como Tratamento Remoto de Dados. Com base nas respostas de E1, ele compreende que apenas com o uso destes equipamentos não tem-se um experimento, mas que o uso dessas tecnologias possibilita que os alunos tenham maior riqueza de dados para discussão e interpretação de resultados.

E1 também vivenciou a experiência de ministrar aulas durante o período pandêmico, relatando que utilizou filmagens de experimentos durante as aulas de laboratório, e reconhece algumas de suas limitações, mas também afirma que “a gente tem desbloqueado a vontade de trabalhar com essas ferramentas, porque ali tem coisa que veio pra ficar, então a gente pegar aquele material, usar hoje como material de apoio pros alunos é fundamental, eu considero muito válido.” (E1)

E6 foi outro docente que teve experiência em lecionar aulas nesse período, relatando que a instituição utilizou um laboratório virtual onde, em ambientes simulados, os alunos precisam pegar jalecos e luvas antes de iniciarem o procedimento, realizando as etapas de segurança que são esperadas dele em contextos presenciais. Esta docente está utilizando a ferramenta em um curso de licenciatura em física a distância, e relata que está começando a ver resultados positivos com os alunos.

Nas falas dos entrevistados foi possível observar os momentos de dificuldade em se adaptarem a este período, bem como em se familiarizar com recursos tecnológicos que foram tão essenciais. E6, por exemplo, relatou que comprou um software para edição de vídeos e aprendeu sobre essa ferramenta para que pudesse gravar as aulas para os alunos. Os impactos do período de ensino a distância, vivenciado durante a pandemia, na aprendizagem podem ser diversos, como apontado por alguns autores (LIMA, SOUZA, 2022), principalmente no que tange a postura passiva e a falta de estímulos aos alunos como dificultador do processo de aprendizagem.

Essa passividade foi evidenciada por E2 que conseguiu citar exemplos de uso de TDIC em contextos experimentais, como no caso de intermediários de reação que possuem um tempo de reação curto, mas nunca utilizados em aulas práticas por acreditar que os alunos possuem resistência. Ideias semelhantes também foram apresentadas por E3, com simulações de subprodutos e coprodutos de reações orgânicas, ressaltando a economia de reagentes, mesmo não tendo utilizado nenhum destes recursos em contextos práticos, deixando evidente sua relutância com alguns aspectos da tecnologia no ensino. “O grande problema da tecnologia muitas vezes é isso. Ela transforma a gente, muitas vezes, em meros apertadores de botões”

(E3) ressaltando que é importante o aluno ter conhecimentos analógicos e um senso crítico aguçado para analisar erros e propor soluções. Estas ideias são semelhantes às apresentadas por E7, que consegue imaginar o uso das TDIC como ferramentas, colocando o laboratório presencial como insubstituível e as tecnologias como possibilidades para um uso híbrido.

Estas falas demonstram como muitas vezes existe um certo preconceito sobre a incorporação das TDIC, principalmente por acreditarem que seu papel seja o de substituir o presencial, coisa que, de fato, não acontece. Além disso, a justificativa de passividade do aluno perante o uso das tecnologias é falha pois, em muitas metodologias, os professores ocupam um papel central e os alunos apenas ouvintes passivos, principalmente se considerarmos a experimentação do tipo demonstrativa. Como apontado por Borges (2002), “o importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas” (p 295). Desta forma, pouco importa o recurso ou estratégia que está sendo utilizado, mas sim a abordagem do docente e como ele a transposta para o processo de ensino aprendizagem.

Entrevistadas como E4 acredita que acredita que o uso da tecnologia em práticas experimentais precisa acontecer em diferentes ambientes, ressaltando que as disciplinas possuem quatro horas semanais, e que podem existir atividades realizadas dentro de laboratórios de computação. A maior preocupação de E4 são com as questões de segurança, principalmente contaminação de equipamentos e riscos à saúde dos alunos se recursos tecnológicos como celulares e notebooks forem deixados na bancada. E4 destacou que em suas aulas práticas possui dificuldade em conciliar a tecnologia por questões de segurança. Destacou ainda que o uso de celulares, por exemplo, pode ser um problema devido a questões de contaminação de bancada, uso de luvas, mas enfatiza que o uso das tecnologias em outros ambientes, que não o laboratório tradicional, podem ser muito benéficos, principalmente por possibilitarem um aumento da atenção dos alunos.

A entrevistada 5, que é docente na área de química computacional, relata que a tecnologia em contextos experimentais pode acontecer via controle remoto de equipamentos, acreditando que seria mais benéfico este tipo de uso em etapas finais do curso de graduação. Para E5, os alunos precisam vivenciar o laboratório, e só após terem domínio e segurança no presencial, partem para controle remoto de algum experimento. E5 também destaca que muitos procedimentos industriais são automatizados, e que é importante que o aluno conheça a teoria e a técnica que está utilizando, para que saiba interpretar um resultado proveniente de erro.

Já a fala de E3 vai ao encontro do pensamento de Kenski (2003), ao enfatizar a utilização da tecnologia como um intermédio para a construção de conhecimentos, tendo objetivos claros de ensino e escolhendo de maneira adequada qual suporte tecnológico irá atender melhor a estes propósitos.

Dessa forma é importante compreender as possibilidades que as TDIC possuem para o ensino de química, e

(...) é necessário **superar a ideia** de que a inserção de recursos tecnológicos se aplica apenas como uma forma de **substituir outras formas de ensino**, mas que envolve, além do reconhecimento do uso da técnica, o **reconhecimento de suas particularidades** e como sua inserção articula-se com os objetivos das atividades educativas propostas. (GIROTTI JUNIOR, 2022, p.304, tradução e grifos nossos)

Diferentemente dos demais entrevistados, E8 foi aquele apresentou a maior experiência com os aspectos que envolvem a experimentação mediada pela tecnologia, por ter migrado para o formato remoto, durante a pandemia, uma disciplina experimental intitulada “Química da Água Experimental”.

Este curso foi disponibilizado em uma plataforma de cursos online gratuitos (MOOC) e consiste em vídeos sobre as técnicas empregadas no experimento, permitindo que o aluno esteja familiarizado com o que será feito. A entrevistada também relata que “a prática no laboratório ela tem que ser uma prática segura e ela tem tempo para acontecer. Eu percebi que quando a gente faz a sala de aula invertida com eles e nessa sala de aula invertida a gente tem esses experimentos, essas ferramentas, então eu diminuo o tempo dentro do Laboratório. A conversa, a distração dentro do laboratório, e eu diminuo a possibilidade de acidentes porque o meu aluno já sabe o que ele tem que entrar e fazer né? E eu desenvolvo a autonomia do aluno no laboratório porque ele já sabe o que ele tem que fazer. Então ele não precisa ficar ‘(Nome da professora), o que eu faço agora?’, porque ele já visualizou né? Ele já manipulou dentro, dentro das limitações do programa, então é desta forma que eu uso a tecnologia” (E8).

Estas falas destacam como a abordagem empregada em seu laboratório virtual permite que o aluno se familiarize com a prática e com os recursos que precisará utilizar. Além disso, a entrevistada deixa claro que utiliza uma metodologia específica (de sala de aula invertida), onde é solicitado que os alunos utilizem o laboratório e se familiarizem com a prática, para só depois partirem para um conteúdo mais teórico, que advém da professora.

Embora não se caracterize como um laboratório do tipo remoto, a experiência da professora com o uso da tecnologia em contextos experimentais demonstra sua familiaridade com a temática. Assim, os benefícios que ela relata sobre o uso da experimentação mediada

pela tecnologia são a autonomia gerada, pois o aluno já tem contato com os equipamentos e com experimentos realizados, e que ao utilizar elementos tecnológicos, o aluno está mais atento, e que a segurança gerada por essa mediação é imprescindível para quando o aluno vai para um contexto presencial.

Em contrapartida, as limitações mencionadas pelos professores para o uso da experimentação mediada pela tecnologia foram a falta de percepção de cheiro, de calor, possíveis problemas com a qualidade da imagem gerada e, principalmente, limitações de acesso, tanto com equipamentos quanto com a qualidade da conexão. Além disso, foi muito mencionado por E2 o papel dos estudantes nesses experimentos, e como garantir que ele não assuma um papel passivo ao mesmo tempo que possa interagir com aquele conteúdo.

Desta forma, os entrevistados apresentaram uma certa resistência sobre o uso das TDIC envolvendo experimentação, por considerarem que o aluno perde o contato tátil e por questionarem quão passivos eles seriam. Em contrapartida, foi citado que o uso das TDIC pode possibilitar que o aluno compreenda conteúdos mais abstratos e de difícil visualização, e que as tecnologias são essenciais para a inserção dos profissionais no mercado de trabalho.

Identificamos a entrevistada E8 como uma entusiasta do uso das TDIC em contextos experimentais, por acreditar que ao familiarizar o aluno com o ambiente, ele se torna mais independente, e as aulas presenciais, ganham mais dinamicidade, demonstrando e como enxerga o uso da tecnologia como um complemento para a experimentação.

5.3 Compreensão sobre Experimento Remoto

O último bloco das entrevistas consistiu em compreender quais eram as ideias prévias dos entrevistados sobre laboratórios remotos, como eles funcionam e quais experimentos podem existir neste formato.. Neste caso, os entrevistados E1, E3, E4, E5, E7 e E8 indicaram que os LR são laboratórios que não demandam presença física para acesso, sendo mediado pelo computador e internet, utilizando braços robóticos ou processos de automatização para a realização de determinada tarefa. E4 ainda comenta que se o aluno acessar o experimento em sala de aula “ele vai conseguir acessar e executar o experimento. Na verdade, é o sistema que vai executar para ele, mas ele vai estar operando ali, colocando as informações iniciais” (E4).

O entrevistado oito foi além, e ainda indicou que “um laboratório remoto(...) é aquele que você consegue manipular o equipamento lá dentro do laboratório. Então a pessoa está lá na Inglaterra e manipulando os equipamentos que estão no laboratório de física aqui (...)” (E8).

Ainda acrescenta que experimentos remotos são passíveis de erro “porque ele está manipulando algo real.”(E8).

Salientamos que no contexto desta pesquisa, E3, E4, E5 e E8 já conheciam em partes o trabalho desenvolvido no contexto do LR da instituição, porém nenhum deles teve acesso ao EDCR desenvolvido antes da entrevista.

Sobre a compreensão do sentido de Remoto, E2 assimilou o remoto com a manipulação em diferentes espaços, como pode ser observada explicitamente em sua fala “são kits e você pode levar esses kits para a aulas”(E2). Já E6 não conseguiu apresentar uma definição para o que imagina ser um Experimento Remoto. As inconsistências de definições apresentadas até então vão, de certa forma, ao encontro das divergências de compreensão do termo remoto e sua aplicação no ensino discutidas no Capítulo 3.

Após relatarem quais suas definições sobre ER e LR, foi apresentado aos entrevistados a definição utilizada na pesquisa, em que laboratórios remotos são aqueles que passaram por um processo de automatização, sendo utilizados vidrarias, reagentes e equipamentos reais, existindo a possibilidade de erros, de interferências ambientais e de uma imprevisibilidade dos resultados dependendo dos fatores alterados, mas que estes são acessados via internet, e por meio de algum equipamento como computador.

Com a definição apresentada, foi perguntado se os professores conseguiriam imaginar algum exemplo de um experimento que poderia ser realizado nessa modalidade, com E1, E3, E6 citando o controle remoto de equipamentos como o cromatógrafo, análises clínicas com o uso de braços robóticos, controle e ajuste de pH, também sendo citado essa automação de equipamentos por E8 em alguns momentos de sua fala. Já E5 e E7 pensaram no uso de ECR em situações de periculosidade, como com reagentes gasosos tóxicos ou muito concentrados, ideia que também esteve presente na fala de E3. Algumas outras situações que os entrevistados imaginaram o uso de experimentos remotos foram em reações de dupla troca e reações com mudanças macroscópicas.

Os entrevistados 2 e 8 trouxeram como exemplos o uso de pipetas e buretas, que passaram por um processo de automação para uso em titulações, reações de equilíbrio, de mudanças de cor e reações de eletroquímica.

Considerando a especificidade do experimento remoto aqui desenvolvido, foi solicitado a E2 e E8 que comentassem a razão de considerarem o fato de a titulação ser uma prática interessante para ser realizada de maneira remota. E8 indicou que práticas repetitivas podem ser beneficiadas com experimentos remotos relatando que em algumas titulações, pode ser necessário realizar de 12 a 18 repetições para se ter um resultado confiável. Além disso,

relataram a existência de tituladores automáticos empregados na indústria, possibilitando uma economia de tempo de laboratório e de deslocamento, tanto de alunos quanto de servidores técnicos.

E2 relata ainda que o uso de um ECR na forma de titulação seria interessante com a utilização de um pHmetro para construção de um gráfico, permitindo assim que o aluno visualizasse a variação do pH enquanto realiza a titulação, situação que ele acredita que seria interessante no contexto remoto e enriquecedora do ponto de vista da construção do conhecimento.

De uma forma geral, as limitações citadas sobre o uso de um ECR foram acerca de questões táteis, como manipulação de vidrarias e reagentes, força empregada, limitações “de natureza organolépticas” (E2), como cheiro, percepção de calor e mudanças sutis de coloração, limitações relacionadas ao software utilizado e à construção das funcionalidades do sistema, custo para a construção do equipamento e o aprendizado que vem da prática, e questões de segurança. Foi também mencionado por E2 limitações de acesso às mídias digitais, e como elas seriam empregadas de maneira homogênea entre os alunos. A entrevistada 4 reforçou que se for utilizado apenas ER na formação de um químico ele sairá um profissional com lacunas em sua formação.

A experiência prática e *in loco* é essencial para a formação do aluno e do profissional pois é através das práticas experimentais que ele aprenderá habilidades manipulativas, de segurança, de organização pessoal e laboratorial e poderá desenvolver habilidades que vão além das teóricas. Ao realizar práticas manipulativas, o graduando tem mais possibilidades de assimilar o conteúdo e desenvolver especificidades que são possíveis com a manipulação presencial e tátil. Nosso objetivo com este trabalho não é supor que as TDIC podem, de alguma maneira, sobrepor as habilidades e experiências adquiridas em laboratórios tradicionais que são essenciais para a formação discente.

O uso das TDIC em contextos educacionais precisa ser feito de maneira crítica e com objetivos claros. O uso da tecnologia por si só não trás benefícios para os alunos, sendo necessário que o docente faça uma análise e busque utilizar a tecnologia como forma de intermédio para construção dos conhecimentos (KENSKI, 2003), ampliando a discussão e apresentando aos alunos as técnicas e conhecimentos que estão por trás do experimento.

O desconhecimento da técnica também pode acontecer em contextos experimentais tradicionais, caso o professor utilize de uma abordagem verificacionista e não exercite a criticidade e reflexão dos alunos sobre o que está sendo realizado.

Em relação aos benefícios para o uso da experimentação remota foram mencionados: em contextos de periculosidade “como manipulação de explosivos” (E3) e “exposição ocupacional” (E2), como exemplo de alunos com mancha de nitrato de prata e chamando atenção para o fato de que no ES trabalha-se com alunos maiores de idade, mas em um contexto de Educação Básica, o experimento remoto pode garantir a segurança de crianças, ainda demonstrando o conteúdo de interesse. Ainda a economia de tempo na realização de reações com período de longas durações, economia de custos com a diminuição de gasto de reagentes e economia de espaço físico para a construção do experimento.

A entrevistada 8 comentou ainda sobre como o uso dos laboratórios remotos podem contribuir para que os alunos percebam que a tecnologia e os processos de automação estão presentes em diferentes contextos cotidianos. E4 relatou que o uso das TDIC pode ser benéfico para o aprendizado, por contribuir com o estímulo e com os processos de consolidação da memória do aluno, ideia semelhante à apresentada por E7.

E2 e E5 comentaram ainda que em situações adversas, como no caso da pandemia ou em contextos de impossibilidade de acesso aos laboratórios tradicionais, o remoto pode ser uma boa alternativa para aproximar o aluno da realidade, apresentando para eles práticas, vidrarias e situações. E2 também menciona que “eu como professor, não usaria totalmente, talvez intercalava com a vivência do real, pelo menos algumas práticas” (E2), e ainda que “a experiência (do remoto) seja mais proveitosa com alunos que já tem uma vivência maior, que já conhece a vidraria (...) agora um aluno iniciante talvez não funcionaria”. (E2)

Desta forma, em um cenário em que antes da pandemia as discussões sobre o uso das TDIC em contextos experimentais eram incipientes, pois os laboratórios tradicionais eram sempre a primeira opção, ficava as tecnologias como um complemento. Mas quando estes laboratórios não podiam mais ser utilizados, e os docentes tiveram que buscar soluções, muitas das discussões foram sendo tecidas, principalmente no campo da Química, como o que poderia ser perdido, em termos de conhecimento, com o uso da tecnologia em contextos experimentais.

Foi possível observar nesta investigação que os docentes possuem definições imprecisas sobre um laboratório remoto, como apontado na literatura, e que muitas vezes as concepções sobre experimento estão atreladas a um equipamento ou ao tratamento de dados que dele obtém. Quando perguntados sobre exemplos de experimentos que poderiam ser realizados de maneira remota, os docentes pensam naqueles que já são automatizados na indústria, demonstrando como a tecnologia já está inserida no contexto químico.

Desta forma, como diversos processos e análises químicas são feitas de maneira remota, porém estas tecnologias não são aplicadas ou empregadas em contextos didáticos. Ao

possibilitar que o aluno em sua formação inicial já tenha contato com tecnologias, a formação profissional poderá ser beneficiada, mas este cenário exige investigações específicas, assim como em relação aos contextos de aprendizagem, visto que ao utilizar as TDIC de maneira planejada e crítica em contextos didáticos, o aluno poderá compreender o conteúdo de maneira mais profunda e completa.

5.4 Apresentação do experimento remoto

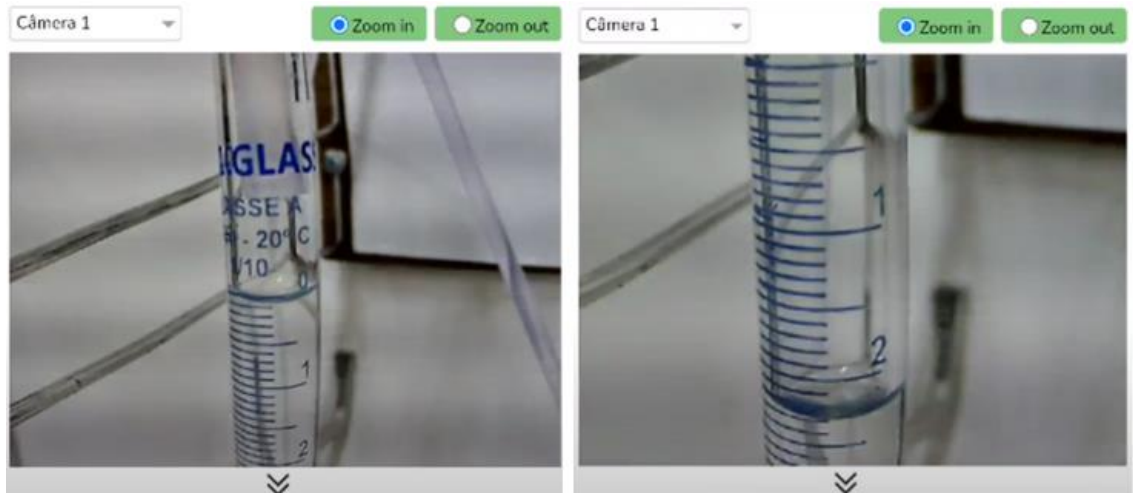
Encerrada a etapa das entrevistas, foi apresentado aos entrevistados o EDCR de titulação ácido-base desenvolvido no contexto desta pesquisa, sendo apresentada a primeira versão do experimento desenvolvido. Apenas E3 utilizou do experimento posteriormente à realização da entrevista, devido a problemas de instabilidade no sistema quando este entrevistado tentou acessá-lo durante a entrevista. Ao acessarem o experimento, os entrevistados fizeram perguntas e comentários, sendo solicitado que respondessem um formulário após o uso, disponível no Apêndice E.

Ao utilizarem o experimento, a entrevistada 6 perguntou algumas vezes “isso daqui é em tempo real?” (E6), demonstrando surpresa ao ver o experimento em funcionamento. Esta entrevista não havia conseguido formular uma definição para ECR e demonstrou-se surpresa com as funcionalidades e as respostas em tempo real. Surpresa semelhante com as funcionalidades foi observado em E8, ao relatar que gostou bastante de realizar a titulação.

As principais críticas feitas foram referentes à bureta e ao fato de ser difícil visualizar o enchimento da mesma, visto que o líquido é transparente. Os entrevistados E1, E3, E5 e E8 comentaram que poderia ser interessante colocar algum fundo colorido para dar contraste com o líquido, ou mesmo utilizar algum reagente já colorido para esta etapa. A outra crítica que foi apontada por todos os oito entrevistados foi com relação à posição da câmera que aponta para o menisco.

Considerando sua posição fixa, a leitura do volume de NaOH gasto durante a titulação é afetada por um erro conhecido como paralaxe, que é ocasionado devido à posição de leitura não estar alinhada ao nível do líquido, e como pode ser visto na Figura 12. Como sugestão para esse problema, alguns entrevistados perguntaram se seria possível fazer uma câmera que se movesse por um eixo, também controlado pelo usuário.

Figura 12 -Visualização do menisco



Fonte: A autora, 2023.

A maioria dos entrevistados também perguntou como era feito o sistema de lavagem e de adição de reagente, sugerindo que adicionar um vídeo com os elementos do experimento (E1 e E3) ou mesmo uma câmera que permita visualização do ECR de modo completo (E5). Ainda nesse quesito de câmera, E1 e E5 perguntaram se seria possível colocar as câmeras transmitindo simultaneamente, relatando que durante uma titulação é “um olho na bureta o olho no béquer” (E5).

A maior dificuldade dos entrevistados foi iniciar a visualização do menisco e compreender como o ajuste era feito, pois para muitos a contagem de gotas não ficou clara no início do uso. Após isso, todos conseguiram realizar a titulação de maneira mais suave e sem muitos questionamentos.

O entrevistado E1 foi o que mais realizou comentários durante o preenchimento do questionário, realizando diversas perguntas técnicas e fazendo diversas sugestões de experimentos que possuem técnicas mais simples, e com uma automatização menos sofisticada, como pilhas eletroquímicas, reações de dupla-troca e solubilidade e experimentos acoplados com espectrômetros de absorção no ultravioleta, com a criação de gráfico simultaneamente. E7 também fez diversas perguntas sobre os controles existentes no experimento, demonstrando interesse com a possibilidade de aplicar ECR em outras etapas, como no controle de temperatura durante uma síntese ou mesmo monitoramento em tempo real através de câmeras de reações durante o período da noite.

Os entrevistados também comentaram sobre as possibilidades de erro que existem no experimento, como o fato do aluno poder ultrapassar o ponto de viragem se adicionar mais

gotas do que o necessário, ou realizar uma leitura errônea da bureta. Estes erros também acontecem no experimento realizado de modo presencial, demonstrando como alguns aspectos do experimento tradicional foram reproduzidos com precisão. Elogiaram também a possibilidade de lavagem e de repetibilidade do experimento, etapa essencial para uma titulação quantitativa.

Sobre a precisão da titulação, E1, E3 e E5 comentaram que um aluno ingressante, provavelmente, não conseguiria atingir esse ponto de viragem, fato que foi possível pela contagem de gotas, diminuindo a possibilidade de erro humano. Além disso, eles comentaram sobre a importância da leitura do volume gasto na bureta e também o fato de que o discente pode passar o ponto de viragem, tendo que repetir o experimento, sendo esta etapa importante para o processo de aprendizagem.

O entrevistado E2 comentou ainda que consideraria utilizar o experimento de maneira a complementar o conteúdo visto em sala de aula, e pensa que o melhor uso de experimentos como este seria no Ensino Básico. ECR são uma alternativa para a realização de práticas experimentais no contexto básico, pois a maioria das escolas possuem computadores e uma conexão com internet, tornando possível o acesso (CAETANO, 2021).

Considerando os dados expostos e o referencial teórico adotado, pontuamos que a Experimentação Controlada Remotamente não é um substituto ou uma reprodução de experimentos realizados presencialmente, mas sim uma nova modalidade de experimentação devido às suas especificidades, que carecem de investigações específicas. Algumas delas são a mediação por dispositivos digitais, a diversidade de abordagens metodológicas como sala de aula invertida, a possibilidade de realização antes ou depois do experimento presencial, e principalmente, devido aos diferentes aspectos cognitivos que são mobilizados durante seu uso.

Um EDCR é diferente de um presencial por diversos aspectos, sendo o principal o fato de sua visualização e dados obtidos serem por intermédio de um dispositivo digital. Com isso, a visualização do experimento é única, o tempo de resposta do experimento específico e o tempo de raciocínio do aluno é distinto daquele apresentado em laboratórios tradicionais. Ao utilizar um LR, o aluno está vivenciando uma nova forma de experimentação, e que deve ser mediada pelo docente.

Para isso, é importante que os professores tenham treinamento e conhecimento sobre as especificidades envolvendo esta nova modalidade de experimento, assim como seja feito um plano de aula que possua objetivos claros e pensados para a construção do conhecimento.

Os dados do questionário indicaram que cinco entrevistados consideraram a posição das câmeras razoáveis, fato corroborado pelos comentários sobre o erro de paralaxe. Sobre as

ações da interface, sete consideraram aceitável ou excelente, o que indica que o tempo de resposta e a experiência dos usuários foi boa.

Perguntados sobre a possibilidade de utilizar o EDCR de titulação em contextos didáticos, três entrevistados indicaram que usariam, e quatro que definitivamente utilizam em salas de aulas, indicando que o experimento tem potencial de uso para o Ensino de Química, na percepção dos professores.

Sobre a percepção do uso de EDCR na química, três entrevistados relataram que aconteceram algumas alterações, mas que sua percepção já era positiva, o mesmo respondido pelo entrevistado que indicou que não foi alterada por já possuir uma opinião positiva sobre ER. Outros quatro entrevistados relataram que ocorreram mudanças significativas ou bruscas em suas percepções, principalmente em E3 e E6, que relataram que não acreditavam ser possível realizar esse nível de automatização em um experimento com fins didáticos.

Estas respostas indicam que o EDCR construído contribuiu para alterar a percepção de alguns docentes sobre o uso desta tecnologia no contexto de ensino de química, permitindo que eles vislumbrassem as potencialidades de experimentos desta natureza. Mesmo que ainda esteja em sua primeira versão de desenvolvimento, o mesmo recebeu críticas construtivas e ponderações que podem ser incorporadas a versões posteriores do experimento, podendo contribuir para que o uso didático da titulação ácido-base controlada remotamente seja implementado em salas de aulas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa de mestrado busca analisar qualitativamente as percepções dos docentes de Química do ES sobre o uso didático de um EDCR no Ensino de Química, e para isso foi desenvolvido um experimento didático controlado remotamente (EDCR) de titulação ácido-base, que está alocado no Laboratório Remoto UNIFEI, na Universidade Federal de Itajubá.

O EDCR utiliza os reagentes NaOH e HCl e realiza injeção automática destas soluções, permitindo ao usuário controlar a quantidade de gotas da bureta, e também um processo de lavagem que possibilita a repetição dos experimentos sem interferência externa. As soluções estão armazenadas em reservatórios de 5 litros, garantindo um tempo de uso maior ao experimento. Os resultados da titulação são obtidos através de uma leitura analógica da bureta, permitindo que sejam desenvolvidas diversas habilidades por parte dos usuários.

Em comparação com outros EDCR de titulação ácido-base encontrados na literatura, este apresenta como vantagens o uso de reagentes reais, processo de injeção de soluções automatizado que aumenta a precisão dos dados, processo de lavagem garantindo a repetibilidade do experimento e aspectos como ajuste analógico do menisco, visualização macroscópica do ponto de viragem e visualização em tempo real do experimento.

Com o experimento em funcionamento, foram realizadas as entrevistas com os professores que indicaram que a experimentação é essencial para a formação de um químico, tanto em aspectos profissionais, quanto científicos. Os entrevistados concordam que a experimentação é fundamental para relacionar a teoria com a prática, desenvolver autonomia para tomar decisões, e despertar o senso crítico. Eles também ressaltaram a importância da experimentação para a formação profissional, pois ela permite que os alunos desenvolvam habilidades necessárias para atuar no mercado de trabalho.

Com relação à experimentação mediada pela tecnologia, os professores indicaram que os laboratórios virtuais não são capazes de substituir os laboratórios tradicionais, mas podem ser tornar ferramentas úteis para complementar a aprendizagem. Com isso podemos compreender que os docentes entrevistados apresentaram uma resistência com relação ao uso das TDIC em contextos experimentais por considerarem que o aluno perde o contato tátil, e por questionarem quão passivos eles seriam neste tipo de abordagem. Os entrevistados também relataram algumas limitações para o uso das TDIC na experimentação, como a falta de percepção de cheiro, de calor, possíveis problemas com a qualidade da imagem gerada e, principalmente, limitações de acesso, tanto com equipamentos quanto com a qualidade da conexão.

Em contrapartida, foi citado que o uso das TDIC pode possibilitar que o aluno compreenda conteúdos mais abstratos e de difícil visualização, e que as tecnologias são essenciais para a inserção dos profissionais no mercado de trabalho.

Com relação às concepções dos docentes sobre LR e ER, é possível concluir que os professores entrevistados possuem uma compreensão geral sobre os termos, mas com algumas imprecisões. Estes resultados estão coerentes com o apresentado na revisão integrativa que apontou uma polissemia para o termo “experimentação remota”. A compreensão clara do termo é importante para padronizar a definição e permitir que os trabalhos da literatura sejam agrupados em categorias coerentes, facilitando sua busca e consulta. Neste trabalho, buscamos cunhar que o termo Experimento Didático Controlado Remotamente (EDCR) como sendo aqueles que utilizam equipamentos, vidrarias e reagentes reais e são acessados via internet. O experimento geralmente é construído tomando como referência preceitos pedagógicos e tem como finalidade o aprendizado do aluno.

Os benefícios mencionados pelos entrevistados sobre o uso de um EDCR foram os contextos de periculosidade, de economia de tempo e de custos para realização dos experimentos. Além disso, foi ressaltado que o uso de ferramentas tecnológicas pode contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos, mas sendo ressaltada que como uma ferramenta secundária que não substitui a prática presencial.

É importante que o uso das TDIC seja planejado e tenha objetivos claros, sendo papel do professor propor quais habilidades e competências ele deseja desenvolver nos alunos, mesmo processo que ele precisa ter ao propor uma atividade experimental tradicional. Para isso, o docente precisa estar familiarizado com a tecnologia, suas características e potencialidades, para que seja capaz de tirar máximo proveito dos recursos tecnológicos oferecidos. Para isso, torna-se essencial uma Formação Inicial e Continuada de qualidade para os docentes das áreas de ciências, em especial da química, possibilitando que eles se mantenham atualizados sobre o surgimento de novas tecnologias educacionais e também tenho um espaço de reflexão crítico sobre o processo docente.

Ademais, estudos sobre a importância da visualização no processo de Ensino e Aprendizagem de Química tem se tornado mais comuns. Isso se deve ao fato de que a visualização permite a construção de representações e modelos mentais que permitem que o aluno crie uma correlação com o conteúdo teórico. As câmeras com visualização simultânea disponíveis no EDCR fazem com que o usuário tenha acesso à imagens em tempo real, permitindo a relação entre o conteúdo teórico e aquilo que está sendo observado.

Em relação ao experimento desenvolvido, as principais críticas são referentes à posição das câmeras, dificuldade de visualização do menisco e falta de algumas orientações mais claras para os usuários. Em contrapartida, foi elogiado o processo de lavagem e a possibilidade de repetição da titulação, contribuindo para alterar de maneira positiva a percepção de alguns docentes com relação ao uso da tecnologia. Apesar das críticas, os entrevistados relataram diversos pontos positivos e indicaram que o EDCR de titulação ácido-base desenvolvido no contexto desta pesquisa é uma ferramenta promissora para o Ensino de Química e para ser utilizado em sala de aula. Ainda em sua primeira versão, o ER de Titulação Ácido-Base apresenta alguns pontos que podem passar por melhorias, como mobilidade da câmera para acompanhar o ajuste de menisco, visualização lado a lado da bureta e do béquer, e mesmo um roteiro didático para a utilização do experimento. Estas críticas são válidas e demonstram uma das possibilidades de desenvolvimento de pesquisas futuras envolvendo o experimento.

Outra possibilidade envolvendo o EDCR desenvolvido é o estudo envolvendo discentes e quais são suas compreensões sobre o uso do experimento para o ensino da temática titulação. Como complemento ao tema, pode-se realizar a proposição de sequências didáticas envolvendo TDIC e o uso da ER como prática pedagógica. Este trabalho pode acontecer em diferentes níveis de ensino, podendo ser levado à Educação Básica. Nesta modalidade, pode-se realizar pesquisas sobre a percepção dos professores de ciências sobre o uso do Laboratório Remoto de modo geral ou tendo como foco um dos experimentos contidos no Laboratório Remoto, a questão de infraestrutura da escola e dos alunos para o uso de práticas como estas e a receptividade e possíveis benefícios desta abordagem no ensino.

Além disso, conforme indicado na revisão de literatura, este experimento é um dos primeiros desenvolvidos em cenário nacional que tem como foco uma prática referente ao Ensino de Química, podendo servir de referência para outras pesquisas na área e mesmo para o desenvolvimento de outros experimentos.

O trabalho apresentado pode suscitar novas pesquisas, como a construção de um EDCR tomando como referência as percepções dos docentes, ou mesmo a realização de uma pesquisa sobre a percepção de alunos e tomá-las como referência para a construção de um experimento. Uma outra possibilidade é buscar compreender como a experimentação na forma de um ER é diferente tomando como base os momentos do curso, realizando pesquisas com alunos ingressantes, no meio da graduação e ao final do curso. Ainda com foco nos alunos, pode-se realizar um trabalho onde um EDCR aplicado em sala de aula, pode contribuir (ou não) para o processo de ensino e aprendizagem no Ensino de Química.

Do ponto de vista de desenvolvimento, esta pesquisa pode contribuir para que outros diversos experimentos de química sejam construídos e automatizados, tomando como referência os aspectos didáticos e pedagógicos. Uma questão importante é na utilização crítica e problematizada da tecnologia no ensino, especialmente do uso da tecnologia em contextos experimentais tendo esta questão como foco de pesquisa, podendo contribuir para uma maior inserção das TDIC em contextos didáticos e também para a formação profissional dos alunos. Por fim, compreender se a resistência dos docentes ao uso de aparatos tecnológicos se dá por falta de tempo, desconhecimento da ferramenta ou preconceito é uma questão que pode vir a ser frutífera para compreender a receptividade e utilização desta ferramentas em contextos de ensino.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M.; BEGO, A. M. A Celeuma em Torno da Temática do Planejamento Didático-Pedagógico: Definição e Caracterização de seus Elementos Constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 20, n. u, p. 71–96, 2020. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2020u7196. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/14625>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- ALVES, Z. M. M. B.; SILVA, M. H. G. F. D. DA .. Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, n. 2, p. 61–69, fev. 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-863X1992000200007>. Acesso em 13 mar. 2024.
- ARAÚJO, M. S. T. DE .; ABIB, M. L. V. DOS S.. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–194, jun. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- ARRUDA, S. DE M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. **Ciência educação**, Bauru, v. 03, p. 14- 24, dez. 1996. Disponível em <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73131996000200003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 13 mar. 2024.
- BALZA, A. **A importância das teorias ácido-base**, 2023. Disponível em: <https://crqsp.org.br/a-importancia-das-teorias-acido-base/#:~:text=Produção de sabões e detergentes,garantindo a eficácia dos produtos>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- BASSALO, J. M. F.; CATTANI, M. Detecção de ondas gravitacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 33, n. 3, p.879-895, 2016. . DOI: 10.5007/2175-7941.2016v33n3p879. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p879>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto (Portugal): Porto Editora, 1994.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2023.
- BRASIL. Portaria N° 343, de 17 de Março de 2020. **DOU 18/03/2020**, Brasília, 2020.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9ªed. Prentice-Hall, 2005.
- CAETANO, T. C.. O experimento “curva de luz” do Laboratório Remoto de Física: uma

proposta de atividade investigativa contextualizada epistemologicamente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210169, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0169>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CAETANO, T. C., REZENDE JUNIOR, M. F., SILVA, A. P. DA, MOREIRA, C. C.. The physics remote laboratory: implementation of an experiment on standing waves. **European Journal of Physics**, v. 43, n. 2, p. 025801, 2022. DOI 10.1088/1361-6404/ac4978. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6404/ac4978>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CARVALHO, D. M. da S.; FRANÇA, D. X. de. Estratégias de enfrentamento do racismo na escola: uma revisão integrativa. **Educ. Form.**, [S. l.], v. 4, n. 12, p. 148–168, 2019. DOI: 10.25053/redufor.v4i12.974. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/redufor/article/view/974>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CASINI, M.; PRATTICCHIZZO, D.; VICINO, A.. Operating remote laboratories through a bootable device. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 54, n. 6, p. 3134-3140, 2007. DOI: 10.1109/TIE.2007.907026. Acesso em: 22 jan. 2024.

COSTA BRITO, R. DA; LIMA CZOLPINSKI, A. DE; VAZ, A.; TRAJANO RAUPP, D. REAÇÕES QUÍMICAS NA COZINHA: O USO DO GOOGLE SALA DE AULA NA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS FUNDAMENTADOS NA TÉCNICA PREDIZER-OBSERVAR-EXPLICAR. **Revista Prática Docente**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. e098, 2021. DOI: 10.23926/RPD.2021.v6.n3.e098.id1273. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/309>. Acesso em: 13 mar. 2024.

CRUZ, R.; GALHARDO FILHO, E.. **Experimentos de Química: Em microescala, com materiais de baixo custo e do cotidiano**. 2ªed. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. de; ALCOFORADO, C. L. G. C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **REME-Revista Mineira de Enfermagem**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 9-11, 2014. DOI: 10.5935/1415-2762.20140001. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rem/article/view/50174>. Acesso em: 13 mar. 2024.

FARIA, F. P.; CARNEIRO, M. C.. O papel da experimentação na história do ensino de Física no Brasil. **Debates em Educação**, [S. l.], v. 12, n. 26, p. 36-51, 2020. DOI: 10.28998/2175-6600.2020v12n26p36-51. Disponível em: <http://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/6907>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GALIAZZI, M. DO C.; GONÇALVES, F. P.. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 326–331, mar. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GIBIN, G. B.; LIMA, S. A. M. de. Concepções de licenciandos do PIBID de Química sobre o papel pedagógico da experimentação. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 11, n. 6, 2015. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/2510>. Acesso em: 13 mar. 2024.

GIL, A. C.. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ªed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

GIORDAN, M.. O papel da experimentação no ensino de ciências. **QuímicaNova na Escola**, [s. l.], n.10, p. 43–49, 1999. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GIROTTO JÚNIOR, G. G.; CACHICHI, R. C.; GALEMBECK, E.; MUNIZ VAZQUEZ, P. A.. Analysis Of Pre-Service and In-Service Teachers' Perceptions About Practical Activities Involving Remote Laboratory. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 300–316, 2022. DOI: 10.14483/23464712.17860. Disponível em:

<<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/17860>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GOMES, L. F. DOS S.; ZUBÍA, J. G.. **Advances on remote laboratories and e-learning experiences**. v. 6, Universidad de Deusto, 2008. ISBN: 978-84-9830-077-2

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS EM TEXTOS DE EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 219–238, 2016.

Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/494>. Acesso em: 13 mar. 2024.

HODSON, D.. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, p. 53–66, 1988. Disponível em:

<https://edisiplinas.usp.br/pluginfile.php/4098770/mod_resource/content/1/art_experimentalcao.exp_modpdf.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

IDOYAGA, I. J.; VARGAS-BADILLA, L.; MOYA;C. N.; MONTERO-MIRANDA, E.; MAEYOSHIMOTO, J. E.; CAPUYA, F. G.; ARGUEDAS-MATARRITA, C..

Conocimientos del profesorado universitario sobre la enseñanza de la química con laboratorios remotos. **Educación Química**,v. 32, n. 4, p. 154-167, 2021. .

<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.79189>. Disponível em:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2021000400154&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 22 de jan. 2024.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Guerra e Pz Editores, 2010.

LABURÚ, C. E.. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 383–405, 2008. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6268>. Acesso em: 13 mar. 2024.

LAMBACH, M.; LOMAS, G. A.. TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA O ENSINO DE QUÍMICA. **APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 87-103, 2021.

Disponível em: < <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/232>>. Acesso em: 22 de jan. 2024

LEITE, B. S.. Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, p. 326–340, 2019. Disponível em:

<https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2570>. Acesso em: 22 de jan. 2024.

LIMA, V. M. R. .; SOUZA, K. dos S. de . Strategies for remote Chemistry teaching: A systematic review of the literature. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. e444911932091, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.32091. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32091>. Acesso em: 13 mar. 2024.

LUCIANO, A.; FUSINATO, P. A. Concepções acerca da inclusão de um laboratório de acesso remoto com experimentos de física contemporânea. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 174–191, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5623>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2ªed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2014.

MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 38, n. 3, p. 7-es, 2006. <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1132960.1132961>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MACHADO, E.; GIROTTO JÚNIOR, G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 2, p. 43–57, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2492>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MALHEIRO, J. M. DA S. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 1, n. 1, 2016. DOI: 10.3895/actio.v1n1.4796. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/4796> . Acesso em: 22 jan. 2024.

MARANDINO, M.. Faz sentido ainda propor a separação entre os termos educação formal, não formal e informal?. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 23, n. 4, p. 811–816, out. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170030001>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MEINTZER, C.; SUTHERLAND, F.; KENNEPOHL, D. K. Evaluation of student learning in remotely controlled instrumental analyses. **International Review of Research in Open and Distance Learning**, v. 18, n. 6, p. 288–305, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i6.3093>. Disponível em: <https://id.erudit.org/iderudit/1064585ar>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MILES, M. B; HUBERMAN, A. M. **Qualitative Data Analysis: an expanded soucerbook**. 2ª ed. 1994.

MINAS GERAIS. **Currículo Referência de Minas Gerais**. 2018. Disponível em: [https://acervodenoticias.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Currículo Referência do Ensino Médio.pdf](https://acervodenoticias.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Currículo%20Referência%20do%20Ensino%20Médio.pdf). Acesso em: 15 out. 2023.

MINAYO, M. C. DE S. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 3, p. 621–626, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-

81232012000300007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 jan. 2024.

MORAES, M. C. Informática educativa no brasil: um pouco de história. **Em Aberto**, v. 12, n. 57, 1993. Disponível em: <
<https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/bitstream/123456789/7727/1/Inform%C3%A1tica%20Educativa%20no%20Brasil%20um%20Pouco%20de%20Hist%C3%B3ria.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MOREIRA KENSKI, V. APRENDIZAGEM MEDIADA PELA TECNOLOGIA. **Revista Diálogo Educacional**, [S. l.], v. 4, n. 10, p. 47–56, 2003. DOI: 10.7213/rde.v4i10.6419. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/dialogoeducacional/article/view/6419>. Acesso em: 13 mar. 2024.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. DA S. A polissemia da palavra “Experimentação” e a Educação em Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 291–304, 2017. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_3/11-CP-02-17.pdf. Acesso em: 22 jan. 2024.

NOVAIS, . M. Experimentação no ensino de Química: analisando reflexões de licenciandos durante uma disciplina de prática de ensino. **Educação Química em Ponto de Vista**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2019. DOI: 10.30705/eqpv.v2i2.1383. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1383>. Acesso em: 13 mar. 2024.

NOVAKI, L. P.; MARCHI, J.; OMORI, A. T.; LOCATELLI, S. W. Students’ perceptions on the change from in-person to remote course along COVID-19 outbreak: a case study for General Chemistry. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 17, p. e15101724184, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i17.24184. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24184>. Acesso em: 13 mar. 2024.

OLIVEIRA, J. R. S. DE. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/laequi/wp-content/uploads/2015/03/contribuicoes-e-abordagens-de-atividades-experimentais.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. B. METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM: REVISÃO INTEGRATIVA. **SANARE - Revista de Políticas Públicas**, [S. l.], v. 15, n. 2, 2017. Disponível em: <https://sanare.emnuvens.com.br/sanare/article/view/1049>. Acesso em: 22 mar. 2024.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A.. Relação entre a pesquisa em ensino de Física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 424–438, 2009. DOI: 10.5007/2175-7941.2008v25n3p424. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n3p424>. Acesso em: 24 mar. 2024.

PINTO, A. V. **O conceito de tecnologia**. v. 1ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento**

cotidiano ao conhecimento científico, 5ª ed. São Paulo: Penso, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa : a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 8, n. 1, p. 132–146, 2015. Disponível em:

<https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/173/135>. Acesso em: 22 jan. 2024.

RAMO, Luciano Bernardo; SANTOS, Sóstenes Fernandes. Percepção dos discentes e docentes quanto ao ensino de Química frente à pandemia da Covid-19. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.53727/rbhc.v8i1.173>.

Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/2991>. Acesso em: 22 jan. 2024.

RAUPP, D.; EICHLER, M. L. A rede social Facebook e suas aplicações no ensino de química. **RENOTE**, v. 10, n. 1, 2012. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/30860>. Acesso em: 22 jan. 2024.

RODRIGUES, N. C. .; SOUZA, N. R.; PATIAS, S. G. O. .; CARVALHO, E. T. de; CARBO, L. .; SANTOS, A. F. da S. . Digital teaching resources for teaching Chemistry during the Covid-19 pandemic . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e22710413978, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.13978. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13978>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. REPENSANDO O PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL, NA APRENDIZAGEM DA FÍSICA, EM SALA DE AULA – UM ESTUDO EXPLORATÓRIO. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 383–401, 2016. Disponível em:

<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/490>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SCHUHMACHER, V. R. N.; SCHUHMACHER, E.; OLIVEIRA, L. R. M.; COUTINHO, C. P. A PERCEPÇÃO DO PROFESSOR SOBRE SUAS COMPETÊNCIAS EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 1, p. 1–10, 2016. DOI: 10.22456/1679-1916.67370. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/67370>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SILVA, J. B. DA; BILESSIMO, S. M. S. ; SCHEFFER, G. R.; SILVA, I. N. DA Laboratórios Remotos como Alternativa para Atividades Práticas em Cursos na Modalidade EAD. **EaD em Foco**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2020. DOI: 10.18264/eadf.v10i2.942. Disponível em:

<https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/942>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SILVA, R. R. DA; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E.. Experimentar sem medo de errar. *In*: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L. (org.). **Ensino de Química em Foco**. 2ª ed. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231–261.

SILVA, I. F. DA; SILVA, A. J. P. DA. A experimentação na Educação em Química: Estudo Exploratório Sobre as Percepções de Licenciandos. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, p. 937–957, 2019. Disponível em: <https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v11n3a24.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SOARES, C. B.; HOGA, L.A. K.; PEDUZZI, M.; SANGALETI, C.; YONEKURA, T.; SILVA, D. R. A. D. Revisão integrativa: conceitos e métodos utilizados na enfermagem. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 48, n. 2, p. 335–345, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0080-6234201400002000020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reensp/a/3ZZqKB9pVhmMtCnsvVW5Zhc/?lang=pt#>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOONG, R.; JENNE, A.; LYSAK, D. H.; BISWAS, R. G. B.; ADAMO, A.; KIM, K. S.; SIMPSON, A. Titrate over the Internet: An Open-Source Remote-Control Titration Unit for All Students. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 3, p. 1037–1042, 2021. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c01096>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOUZA, A. T. Experimentação no ensino de Química: A urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 335–358, 2021. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC_20_3_1_ex1804_538.pdf. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOUZA, L. D.; SILVA, B. V.; ARAUJO NETO, W. N.; REZENDE, M. J. C. Tecnologias Digitais no Ensino de Química: Uma Breve Revisão das Categorias e Ferramentas **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 3, p. 713–746, 2021. Disponível em: <https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v13n3a11.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

TAKAHASHI, E. K.; CARDOSO, D. C. Experimentação Remota em Atividades de Ensino Formal: um Estudo a Partir de Periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 185–208, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4214>. Acesso em: 22 jan. 2024.

TULHA, C. N.; CARVALHO, M. A. G. de; COLUCI, V. R. Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática. **Informática na educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 195-209, 2019. DOI: 10.22456/1982-1654.90543. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/90543>. Acesso em: 22 jan. 2024.

UN NEWS. **WHO chief declares end to COVID-19 as a global health emergency**. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2023/05/1136367>. Acesso em: 22 jan. 2024.

VALENTE, J. A.. A COMUNICAÇÃO E A EDUCAÇÃO BASEADA NO USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. **UNIFESO-Humanas e Sociais**, v. 1, n. 01, p. 141-166, 2014. Disponível em:

<https://revista.unifeso.edu.br/index.php/revistaunifesohumanasesociais/article/view/17>. Acesso em: 22 jan. 2024.

VILELA, D. C.; GERMANO, J. S. E.; MONTEIRO, M. A. A.; CARVALHO, S. J. DE. Estudo comparativo de um experimento de eletrodinâmica: Laboratório Tradicional x Laboratório Remoto. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0041>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

WHO. **WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020 - World Health Organization**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Acesso em: 22 jan. 2024.

YANG, F.; LAI, V.; LEGARD, K.; KOZDRAS, S.; PRIETO, P. L.; GRUNERT, S.; HEIN, J. E. Augmented Titration Setup for Future Teaching Laboratories. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 3, p. 876–881, 2021. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7816471>. Acesso em: 22 jan. 2024.

ZUTIN, D. G.; AUER, M. E.; MAIER, C.; NIEDERSTATTER, Michael. Lab2go - A repository to locate educational online laboratories. In: **IEEE Education Engineering Conference, EDUCON 2010**, 2010. p. 1741–1746.

APÊNDICE A – Referências Bibliográficas da Revisão Integrativa contendo o termo “Laboratório Virtual”

ABRIL, J. M. On the use of ^{210}Pb -based records of sedimentation rates and activity concentrations for tracking past environmental changes. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 244–245, 2022. Disponível em 10.1016/j.jenvrad.2022.106823. Acesso em: 24 mar. 2024.

AL-KHALIFA, H. S. CHEMOTION: A gesture based chemistry virtual laboratory with leap motion. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 25, n. 6, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cae.21848>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ALI, N.; ULLAH, S.. Review to Analyze and Compare Virtual Chemistry Laboratories for Their Use in Education. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00185>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ALI, N.; ULLAH, S.; KHAN, D. Minimization of students’ cognitive load in a virtual chemistry laboratory via contents optimization and arrow-textual aids. **Education and Information Technologies**, v. 27, n. 6, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10936-6>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ALQADRI, Z. USING VIRTUAL LABORATORY IN DIRECT INSTRUCTION TO ENHANCE STUDENTS’ ACHIEVEMENT. **IJAEDU- International E-Journal of Advances in Education**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18768/ijaedu.415413>. Acesso em: 24 mar. 2024.

AMIN, D. I.; IKHSAN, J. Improving higher order thinking skills via semi second life. **European Journal of Educational Research**, v. 10, n. 1, 2021. Disponível em: 10.12973/eu-jer.10.1.261. Acesso em: 24 mar. 2024.

ASABERE, N. Y.; GBAGBE, G. E ;TAWIA, E. A.; AMEGASHIE, J. E.; AYIN, D. A. Pedagogically-Improved Blended Learning of a Chemistry Course Through a Computerized Virtual Laboratory. **International Journal of Online Pedagogy and Course Design**, v. 12, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4018/IJOPCD.302086>. Acesso em: 24 mar. 2024.

AVCI, F. Teaching the “acid–base” subject in biochemistry via virtual laboratory during the COVID-19 pandemic. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 50, n. 3, 2022. Acesso em: <https://doi.org/10.1002/bmb.21625>. Acesso em: 24 mar. 2024.

BAKAR, H. N. B.; ZAMAN, H. B. Virtual laboratory for chemistry based on the constructivism-cognitivism- contextual approach (VLab-Chem). *In:* , 2008. **Proceedings - International Symposium on Information Technology 2008, ITSIm**. 2008.

BANIK, P.; MAJUMDER, R.; MANDAL, A.; DEY, S.; MANDAL, M. A computational study to assess the polymorphic landscape of matrix metalloproteinase 3 promoter and its effects on transcriptional activity. **Computers in Biology and Medicine**, v. 145, 2022. Disponível em: 10.1016/j.combiomed.2022.105404. Acesso em: 24 mar. 2024.

BORRAS-LINARES, I.; GARCIA-SALAS, P.; QUIRANTES-PINE, R.; CARRETERO, A. S.; FERNANDEZ-GUITIERREZ, A.. DEVELOPMENT OF A VIRTUAL LABORATORY EXPERIMENT FOR CHEMISTRY STUDENTS. **Edulearn11: 3rd International Conference on Education and New Learning Technologies**, 2011.

BROVELLI-SEPÚLVEDA, F.; CAÑAS-URRUTIA, F.; BOBADILLA-GÓMEZ, C. Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de Química en escolares Chilenos. **Educación Química**, v. 29, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63734>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CÁMBAR-ANTUNEZ, Y.; RIVERA-SOTO, M. Hysis como herramienta en la asignatura termodinámica para ingenieros químicos (primera parte). **Hysys as a tool in the thermodynamic course for chemical engineers (first part)**, v. 38, n. 2, 2018. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200002. Acesso em: 24 mar. 2024.

CHUKWUNEKE, C. E.; IBEWUIKE, I. A.; AGBOOLA, B. O. Navigating Analytical Chemistry Laboratories during COVID-19: Perspective of a Nigerian University. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00444>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CLEMONS, T. D; FOUCHÉ, L.; RUMMEY, C.; LOPEZ, Ryan E.; SPAGNOLI, Dino. Introducing the First Year Laboratory to Undergraduate Chemistry Students with an Interactive 360° Experience. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00861>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CUADROS, J.; TOMÁS, X., MOLINS, J. J.; GONZALEZ-SABATE, L. Development and use of a virtual laboratory for chemistry learning. **AFINIDAD**, v. 64, n. 529, 2007.

ELJACK, S. M.; ALFAYEZ, F.; SULEMAN, N. Organic chemistry virtual laboratory enhancement. **International Journal of Mathematics and Computer Science**, v. 15, n. 1, 2020.

ENNEKING, K. M. *et al.* The Evaluation of a Hybrid, General Chemistry Laboratory Curriculum: Impact on Students' Cognitive, Affective, and Psychomotor Learning. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 6, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021%2Facs.jchemed.8b00637>. Acesso em: 24 mar. 2024.

URQUIZO CRUZ, E. P.; SÁNCHEZ SALCÁN, N. de J.; ORREGO RIOFRÍO, M. C. EXPERIMENTAL ACTIVITIES USING VIRTUAL SIMULATORS TO LEARN CHEMISTRY DURING COVID-19 PANDEMIC. **Chakiñan, Revista de Ciencias Sociales y Humanidades**, [S. l.], n. 17, p. 122–137, 2022. DOI: 10.37135/chk.002.17.08. Disponível em: <https://chakinan.unach.edu.ec/index.php/chakinan/article/view/755>. Acesso em: 25 mar. 2024.

FIAD, S. B.; GALARZA, O. D. El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. **Formacion Universitaria**, v. 8, n. 4, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062015000400002>. Acesso em: 25 mar. 2024.

FOMBONA-PASCUAL, Alba; FOMBONA, Javier; VÁZQUEZ-CANO, Esteban. VR in chemistry, a review of scientific research on advanced atomic/molecular visualization. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 23, 300-312, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/D1RP00317H>. Acesso em: 25 mar. 2024.

GALANG, Anna *et al.* Designing Virtual Laboratory Exercises Using Microsoft Forms. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 4, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01006>. Acesso em: 25 mar. 2024.

GAO, R.; LLOYD, J.; KIM, Y. A Desirable Combination for Undergraduate Chemistry Laboratories: Face-to-Face Teaching with Computer-Aided, Modifiable Program for Grading and Assessment. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00634>. Acesso em: 25 mar. 2024.

GEORGE, M. J.; KOLOBE, M. Exploration of the potential of using a virtual laboratory for chemistry teaching at secondary school level in Lesotho. **South African Journal of Chemistry**, v. 67, 2014. ISSN 1996-840X.

HERGA, N. R.; CAGRAN, B.; DINEVSKI, D. Virtual laboratory in the role of dynamic visualisation for better understanding of chemistry in primary school. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 12, n. 3, 2016. Acesso em: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a>. Acesso em: 25 mar. 2024.

HERGA, N. R.; DINEVSKI, D. Using a virtual laboratory to better understand chemistry - An experimental study on acquiring knowledge. *In:* , 2012. **Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, ITI.**, 2012. Disponível em: DOI: 10.2498/iti.2012.0388. Acesso em: 25 mar. 2024.

HERGA, N. A. R.; GLAŽAR, S. A.; DINEVSKI, D. Dynamic visualization in the virtual laboratory enhances the fundamental understanding of chemical concepts. **Journal of Baltic Science Education**, v. 14, n. 3, 2015. Disponível em: DOI 10.33225/jbse/15.14.351. Acesso em: 25 mar. 2024.

HERNÁNDEZ, D. *et al.* Aplicación de Realidad Aumentada para Laboratorios de Química. **Educación Química**, v. 32, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.68129>. Acesso em: 25 mar. 2024.

HOU, H. T.; LIN, Y. C. The Development and Evaluation of an Educational Game Integrated with Augmented Reality and Virtual Laboratory for Chemistry Experiment Learning. *In:* , 2017. **Proceedings - 2017 6th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2017.** 2017.

JENNIFER G. A.; GEORGE THOMAS, M.; VIJAY SOLOMON, R. Does Virtual Titration Experiment Meet Students' Expectation? Inside Out from Indian Context. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01034>. Acesso em: 25 mar. 2024.

KAPICI, H. O.; AKCAY, H. **Enhancing pre-service science teachers' inquiry skills in hands-on and virtual laboratory environments** *Themes in eLearning.*, 2020.

KARTIMI, K. *et al.* A Bibliometric Analysis on Chemistry Virtual Laboratory. **Educacion Quimica**, v. 33, n. 2, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.80579>. Acesso em: 25 mar. 2024.

KOLIL, V. K.; ACHUTHAN, K. Longitudinal study of teacher acceptance of mobile virtual labs. **Education and Information Technologies**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11499-2>. Acesso em: 25 mar. 2024.

KORETSKY, M. D. An interactive virtual laboratory addressing student difficulty in differentiating between chemical reaction kinetics and equilibrium. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 28, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cae.22178>. Acesso em: 25 mar. 2024.

KURNIAWATI, P.; PURBANINGTIAS, T. E. The effectiveness of instrument simulator in online practice course as a virtual laboratory. *In:* , 2022. **AIP Conference Proceedings**. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/5.0112801>. Acesso em: 25 mar. 2024.

LAPRESTA-FERNANDEZ, A *et al.* NANOTECHNOLOGY VIRTUAL LABORATORY FOR THE STUDENT PEDAGOGIC INITIALIZATION INTO NANOSCIENCES. *In:* , 2013. **7TH INTERNATIONAL TECHNOLOGY, EDUCATION AND DEVELOPMENT CONFERENCE (INTED2013)**. 2013.

LEE, E. N.; NEALY, S.; CRUZ, L. Navigating the interlanguage space: Chinese international students' perceptions of a virtual chemistry laboratory course. **Chemistry Education Research and Practice**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/D2RP00145D>. Acesso em: 25 mar. 2024.

LEVONIS, S. M. *et al.* 360 C Virtual Laboratory Tour with Embedded Skills Videos. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00622>. Acesso em: 25 mar. 2024.

LIU, L. *et al.* Supporting students' inquiry in accurate precipitation titration conditions with a virtual laboratory tool as learning scaffold. **Education for Chemical Engineers**, v. 38, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.11.001>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MAJOR, S.; HUBÁLOVSKÁ, M.; LOSKOT, R. Alternative Forms of Laboratory Teaching during the Lockdown Period Caused by the COVID-19 Pandemic. **International Journal of Information and Education Technology**, v. 12, n. 11, 2022. Disponível em: doi: 10.18178/ijiet.2022.12.11.1731. Acesso em: 25 mar. 2024.

MANYILIZU, M. C.. Effectiveness of virtual laboratory vs. paper-based experiences to the hands-on chemistry practical in Tanzanian secondary schools. **Education and Information Technologies**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007%2Fs10639-022-11327-7>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MIRANDA, A.; SIMORANGKI, M.; NURFAJRIANI. Innovative Virtual Laboratory Integrated with Pedagogical Content Knowledge to Improve Student's Motivation and Chemistry Learning Outcomes. *In:* , 2023. **AIP Conference Proceedings**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/5.0111126>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MUTLU, A.; ACAR SESEN, B. Comparison of inquiry-based instruction in real and virtual laboratory environments: Prospective science teachers' attitudes. **International Journal of Curriculum and Instruction**, v. 12, n. 2, 2020.

NATARO, C.; JOHNSON, A. R. A Community Springs to Action to Enable Virtual Laboratory Instruction. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00526>. Acesso em: 25 mar. 2024.

O'MALLEY, P. J.; AGGER, J. R.; ANDERSON, M. W. Teaching a Chemistry MOOC with a Virtual Laboratory: Lessons Learned from an Introductory Physical Chemistry Course. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 10, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00118>. Acesso em: 25 mar. 2024.

PEECHAPOL, C. Investigating the Effect of Virtual Laboratory Simulation in Chemistry on Learning Achievement, Self-efficacy, and Learning Experience. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 16, n. 20, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i20.23561>. Acesso em: 25 mar. 2024.

PENN, M.; RAMNARAIN, U. A comparative analysis of virtual and traditional laboratory chemistry learning. **Perspectives in Education**, v. 37, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18820/2519593X/pie.v37i2.6>. Acesso em: 25 mar. 2024.

QU, A. *et al.* Exploring the Viability and Role of Virtual Laboratories in Chemistry Education Using Two Original Modules. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 4, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00892>. Acesso em: 25 mar. 2024.

RAYISYAN, M. G. *et al.* The effectiveness of using virtual laboratory workshops in online education of students studying the discipline "inorganic chemistry". **Periodico Tche Quimica**, v. 17, n. 36, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.52571/PTQ.v17.n36.2020.949_Periodico36_pgs_934_948.pdf. Acesso em: 25 mar. 2024.

SANTIAGO, D. E.; PULIDO MELIÁN, E.; VASWANI REBOSO, J. Lab at home in distance learning: A case study. **Education for Chemical Engineers**, v. 40, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.05.001>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SASMITO, A. P.; SEKARSARI, P. Enhancing Students' Understanding and Motivation During Covid-19 Pandemic via Development of Virtual Laboratory. **Journal of Turkish Science Education**, v. 19, n. 1, 2022. Disponível em: <https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/1120>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SOLIKHIN, F.; SUGIYARTO, K. H.; IKHSAN, J. The Impact of Virtual Laboratory Integrated Into Hybrid Learning Use On Students' Achievement. **Jurnal Ilmiah Peuradeun**, v. 7, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26811/peuradeun.v7i1.268>. Acesso em: 25 mar. 2024.

TATLI, Z.; AYAS, A. Virtual laboratory applications in chemistry education. *In:* , 2010. **Procedia - Social and Behavioral Sciences.**, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.263>. Acesso em: 25 mar. 2024.

TAUBER, A. L.; LEVONIS, S. M.; SCHWEIKER, S. S. Gamified Virtual Laboratory Experience for In-Person and Distance Students. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00642>. Acesso em: 25 mar. 2024.

WIDARTI, H. R.; HAKIM, M. I.; ROKHIM, D. A. The Development of a Virtual Laboratory on Qualitative Chemical Practicum Analysis. **Jurnal Ilmiah Peuradeun**, v. 10, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26811/peuradeun.v10i3.760>. Acesso em: 25 mar. 2024.

WILSON, S.; C., S. Second Life: the next virtual laboratory?. *In:*, 2010. **Education and New Learning Technologies - EduLearn10 Proceeding.**, 2010.

ZHENG, W. *et al.* Development of virtual laboratory application structure in Android cellphone for distance learning. *In:* , 2018. **1st International Conference on Electronics Instrumentation and Information Systems, EIIS 2017.** 2018.

APÊNDICE B –Referências Bibliográficas da Revisão Integrativa contendo os termos Laboratório Remoto e Experimento Remoto

ACCETTONI, S. L.W. W. Student Perceptions of Remote Chemistry Laboratory Delivery Models. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 2, p. 654–668, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00757>. Acesso em: 24 mar. 2024.

AGUILAR-CHARFEN, J. L. *et al.* Homemade bismuth plating by galvanic displacement from bismuth subsalicylate tablets: A chemistry experiment for distance learning. **Chemistry Teacher International**, v. 3, n. 4, p. 423–429, 2021. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cti-2021-0002/html>. Acesso em: 24 mar. 2024.

AMBRUSO, K.; RILEY, K. R. At-Home Laboratory Experiments for the Analytical Chemistry Curriculum. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 99, n. 2, p. 1125–1131, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00943>. Acesso em: 24 mar. 2024.

AUBEL, I.; KAISER, D.; BERTAU, M. Rectification Laboratory - from in-lab to remote - the development story. **2022 IEEE German Education Conference, GeCon 2022**, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9942756>. Acesso em: 24 mar. 2024.

BARAN, J.; CURRIE, R.; KENNEPOHL, D. Remote instrumentation for the teaching laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 12, p. 1814–1816, 2004. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed081p1814>. Acesso em: 24 mar. 2024.

BLACKFORD, K. A. *et al.* Design and Evaluation of the BeArS@home and Slugs@home Choose-Your-Own-Adventure-Style Online Laboratory Experiments. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 6, p. 2351–2363, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00142>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CACHICHI, R. C. *et al.* Creation of a Phenol/Water Phase Diagram Using a Low-Cost Automated System and Remote Transmission. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, p. 3667–3672, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00070>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CAPUYA, F. *et al.* Laboratorios Remotos: Un recurso para el aprendizaje de la temática de gases en cursos universitarios masivos en Argentina durante la pandemia de la COVID. **Innovaciones Educativas**, v. 25, n. 38, p. 246–262, 2023. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-41322023000100246&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 mar. 2024.

CEDAZO, R. *et al.* Ciclope: FOSS for developing and managing educational web laboratories. **IEEE Transactions on Education**, v. 50, n. 4, 2007. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-41322023000100246. Acesso em: 24 mar. 2024.

CHERNYSHEV, D. M. *et al.* Measurements of reduced mobility of standard compounds by high resolving power ion mobility spectrometer in remote laboratories. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 66, n. 13, p. 1253–1257, 2011. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1134/S1061934811130156>. Acesso em: 24 mar. 2024.

D'HAM, C. *et al.* Exploiting distance technology to foster experimental design as a neglected learning objective in labwork in chemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 4, p. 425–434, 2004. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-004-1464-0>. Acesso em: 24 mar. 2024.

DESTINO, J.F.; GROSS, E. M. Students' Attitudes on Remote-Flexible Instrumental Analysis Laboratory Experiments During COVID-19. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 4, p. 1820–1825, 2022. Disponível em:

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00038>. Acesso em: 24 mar. 2024.

FREDERICK, K. A.; HARPER-LEATHERMAN, A. S. An Inquiry-Based In-Person or Remote Laboratory Using Iron Analysis and Paper Microfluidics to Teach Analytical Method Development. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 4024–4031, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00370>. Acesso em: 24 mar. 2024.

GERA, M.; SCHAUER, F. Intelligent processing of experimental data in ises remote laboratory. **International Journal of Online Engineering**, v. 12, n. 3, p. 58–63, 2016. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5538>. Acesso em: 24 mar. 2024.

GIROTTO JÚNIOR, G. G. *et al.* Analysis Of Pre-Service and In-Service Teachers' Perceptions About Practical Activities Involving Remote Laboratory. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 300–316, 2022. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/17860>. Acesso em: 24 mar. 2024.

HENNE, A. *et al.* Learning Science at University in Times of COVID-19 Crises from the Perspective of Lecturers—An Interview Study. **Education Sciences**, v. 13, n. 3, p. 319, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/3/319>. Acesso em: 24 mar. 2024.

IDOYAGA, I. J. *et al.* Knowledge of university faculty about teaching chemistry with remote laboratories. **Educacion Quimica**, v. 32, n. 5, p. 154–167, 2021. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2021000400154&script=sci_abstract&tlng=en. Acesso em: 24 mar. 2024.

JENSEN, A. *et al.* Teaching Instrumental Analysis during the Pandemic: Application of Handheld CO2Monitors to Explore COVID-19 Transmission Risks. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 4, p. 1794–1801, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c01154>. Acesso em: 24 mar. 2024.

KARPUDEWAN, M.; CHONG, T. Y. Evaluating Radioactivity Remote Laboratory's Effectiveness in Learning Radioactivity Concepts. **Research in Science Education**, v. 50, n. 6, p. 2243–2268, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-018-9772-1>. Acesso em: 24 mar. 2024.

KELLEY, E. W. Reflections on three different high school chemistry lab formats during covid-19 remote learning. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 9, p. 2606–2616, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00814>. Acesso em: 24 mar.

2024.

LEE, J. D. *et al.* Reactive Halogens in the Marine Boundary Layer (RHaMBLe): The tropical North Atlantic experiments. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 10, n. 3, p. 1031–1055, 2010. Disponível em: <https://acp.copernicus.org/articles/10/1031/2010/acp-10-1031-2010.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

LEE, G. G. *et al.* University students' perceptions of remote laboratory courses necessitated by COVID-19: differences in emergent teaching strategies at a Korean university. **Asia Pacific Education Review**, [s. l.], n. 0123456789, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12564-023-09837-1>. Acesso em: 24 mar. 2024.

LOIANNO, V. *et al.* A remote foaming experiment. **Education for Chemical Engineers**, [s. l.], v. 36, n. June, p. 171–175, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.05.003>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MARINCEAN, S.; SCRIBNER, S. L. Remote organic chemistry laboratories at university of michigan-dearborn. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 97, n. 9, p. 3074–3078, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.0c00812>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MEINTZER, C.; SUTHERLAND, F.; KENNEPOHL, Dietmar K. Evaluation of student learning in remotely controlled instrumental analyses. **International Review of Research in Open and Distance Learning**, [s. l.], v. 18, n. 6, p. 288–305, 2017. Disponível em: <https://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/3093>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MILES, D. T.; WELLS, W. G. Lab-in-A-box: A guide for remote laboratory instruction in an instrumental analysis course. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 97, n. 9, p. 2971–2975, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jchemed.0c00709>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SANSOM, R. L. Pressure from the pandemic: Pedagogical dissatisfaction reveals faculty beliefs. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 97, n. 9, p. 2378–2382, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00657>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SATSANGEE, S. P.; MOHD, R.; GANDHI, R. Remote electroanalytical laboratory. **International Journal of Online Engineering**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 40–43, 2011. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1420>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SAXENA, S.; SATSANGEE, S. P. Offering remotely triggered, real-time experiments in electrochemistry for distance learners. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 91, n. 3, p. 368–373, 2014. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed300349t>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SCHAUER, F. *et al.* Electrochemistry remote experiment - Galvanic cell - II. **2012 9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2012**, [s. l.], p. 0–5, 2012. Disponível em: <https://www.ijres.org/papers/Volume%206/Vol-Issue2/Version-1/06025966.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

THROPE, B.; FERREIRA LIMA, A. R.; PINTO, A. H. From the Periodic Properties of

Metals to the Rietveld Refinement of the Pharmaceutical Molecule Naproxen: Three Remote Experiments about X-ray Diffraction. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 99, n. 5, p. 2055–2066, 2021. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00831>. Acesso em: 24 mar. 2024.

WEI, J. *et al.* Analysis and Characterization of Student Interactions in a Remote Laboratory: Measurement of the Enthalpy and Entropy of Vaporization of n-Octane. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 99, n. 3, p. 1201–1210, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00697>. Acesso em: 24 mar. 2024.

XIE, C. *et al.* Engaging Students in Distance Learning of Science With Remote Labs 2.0. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 15–31, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9720139>. Acesso em: 24 mar. 2024.

YONAI, E.; BLONDER, R. Uncovering the Emotional Aspect of Inquiry Practices in a Remote. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00359>. Acesso em: 24 mar. 2024.

YOUSSEF, M. *et al.* Developing engaging remote laboratory activities for a nonmajors chemistry course during covid-19. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 97, n. 9, p. 3048–3054, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00792>. Acesso em: 24 mar. 2024.

APÊNDICE C – Roteiro das Entrevistas

1. Primeiro bloco: Perfil do entrevistado e atuação profissional.
2. Segundo bloco: Percepções sobre a experimentação na ciência química.
3. Terceiro bloco: Compreensão dos professores sobre tecnologia e seu uso no ensino de química.
4. Quarto bloco: Laboratório Remoto no contexto da química.
5. Quinto bloco: Encerramento e próximas orientações.

Roteiro de Entrevista

PRIMEIRO BLOCO	
Pedir para o professor se apresentar, comentando sua formação acadêmica, atuação profissional, tempo de formação, etc.	<i>Objetivo: Traçar um perfil do entrevistado com relação a sua trajetória.</i>
Questionar como foi sua primeira experiência lecionando química geral experimental, quantas vezes ministrou a disciplina e quais práticas se recorda.	<i>Objetivo: Compreender a relação do professor com a disciplina de interesse, buscando entender a proximidade que tem a mesma.</i>
Durante sua formação inicial, você teve algum contato com Tecnologias Digitais da Comunicação ou tecnologia relacionada ao ensino? Se sim, quais? Como foi a abordagem?	<i>Objetivo: Investigar se o professor teve contato com tecnologia durante sua formação e como isso afeta sua prática.</i>

SEGUNDO BLOCO	
Qual o papel da experimentação para a química?	<i>Objetivo: Compreender como o professor avalia a importância da experimentação para o ensino de química.</i>
Qual a importância você atribui para a manipulação de aparatos experimentais e a vivência do laboratório?	<i>Objetivo: Compreender a importância que o professor atribui à manipulação de aparatos na química.</i>
Quais habilidades você considera serem necessárias que um aluno desenvolva durante a prática experimental?	<i>Objetivo: Conhecer as habilidades que o professor considera importantes na prática experimental para compará-la com as habilidades que ele julga serem desenvolvidas no experimento remoto (formulário pós experimento).</i>

TERCEIRO BLOCO	
Na sua prática docente, como é sua relação com a tecnologia?	<i>Objetivo: Investigar a proximidade que o professor tem com a tecnologia e como isso pode facilitar (ou não) a aceitação por Laboratórios Remotos.</i>
Como você vê o uso da tecnologia na formação inicial dos alunos?	<i>Objetivo: Compreender a visão do docente sobre a importância das TIC e TDIC na formação inicial.</i>

<p>O que você acha do uso da tecnologia em contextos de experimentais? Você tem algum exemplo da sua utilização? Já houve algum momento que você precisou utilizar a tecnologia?</p>	<p><i>Objetivo: Compreender como o docente compreende o uso das TIC em contextos experimentais e, caso tenha utilizado, como foi essa experiência.</i></p>
--	--

QUARTO BLOCO

<p>O que você entende por experimento remoto? Após a resposta do entrevistado, apresentar a definição que adotamos para nossa pesquisa.</p>	<p><i>Objetivo: Obter a percepção prévia do entrevistado sobre laboratórios remotos e apresentar a definição adotada de modo a, neste momento, padronizar o significado do termo.</i></p>
<p>Considerando a definição apresentada, quais suas percepções sobre o uso da experimentação remota no contexto de ensino de química experimental? Você consegue se imaginar utilizando algum ER em suas aulas?</p>	<p><i>Objetivo: Compreender qual a receptividade do professor quanto ao uso de um experimento controlado remotamente no contexto didático.</i></p>
<p>Quais limitações você acredita que uma experimentação remota pode apresentar?</p>	<p><i>Objetivo: Discutir as limitações gerais que um experimento remoto pode conter.</i></p>
<p>Quais benefícios você imagina que a experimentação remota pode trazer para os alunos?</p>	<p><i>Objetivo: Discutir os potenciais para o uso da experimentação remota no ensino.</i></p>
<p>Você imagina algum contexto em que o uso de um experimento remoto seja necessário? Consegue imaginar alguma prática em que seria melhor empregado? Comente.</p>	<p><i>Objetivo: Compreender se o docente consegue se colocar numa situação onde o uso da experimentação remota seja o mais adequado.</i></p>

APÊNDICE D – Questionário sobre o Experimento Remoto

Questionário Experimento Remoto

As perguntas aqui apresentadas são referentes ao experimento controlado remotamente de uma Titulação. Por favor, responda as perguntas após o uso do referido experimento

Avalie as posições das câmeras no experimento, considerando o uso durante o experimento ^{*} em uma escala de 1 a 5.

Considere como sendo :

1: Totalmente inadequada, 2 : Inadequada; 3 : Razoável, 4: Aceitável, 5: Excelente.

	1	2	3	4	5	
Inadequada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Avalie as ações disponíveis na interface (tempo de resposta, a seleção de ^{*} ações para o usuário, as informações disponíveis) em uma escala de 1 a 5.

Considere como sendo :

1: Totalmente inadequada, 2 : Inadequada; 3 : Razoável, 4: Aceitável, 5: Excelente.

	1	2	3	4	5	
Totalmente Inadequada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Considerando o apresentado no experimento em questão, qual a possibilidade de você utilizar *
experimentos remotos em um contexto didático? Considere como sendo:

1: Não utilizaria, 2: Consideraria o uso, 3: Talvez usaria, 4: Usaria e 5:Definitivamente utilizaria.

	1	2	3	4	5	
Não utilizaria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Definitivamente utilizaria

:::

Em uma escala de 1 a 5, o quanto sua percepção sobre o uso de experimentos remotos na *
química foi alterada após o experimento. Considere como sendo:

1: Não foi alterada, 2: Foram alteradas percepções de menor importância; 3:Algumas
percepções foram alteradas; 4: Ocorreram mudanças significativas;5: Ocorreu uma mudança
brusca na percepção.

	1	2	3	4	5	
Não foi alterada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ocorreu uma mudança brusca na percepção

Em uma escala de 1 a 5, o quanto você acredita que este experimento pode ser benéfico para *
o Ensino de Química? Considere como sendo:

1: Não considero benéfica, 2: É pouco benéfica; 3: Pode ser benéfica, mas não utilizaria, 4:
Pode ser benéfica e consideraria utilizar; 5: É bastante benéfica para o ensino e eu usaria

	1	2	3	4	5	
Não considero benéfica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	É bastante benéfica para o ensino e eu usaria

APÊNDICE E – Roteiro para uso do Experimento Remoto

1. Acesse o site do Laboratório Remoto (<https://labremoto.unifei.edu.br/src/welcome.php>). Localize a guia “Experimentos” no canto esquerdo, localize o experimento “Titulação” e clique em “Acessar”.
2. Espere o experimento se inicializar. Isso pode demorar alguns instantes dependendo da sua conexão e também da conexão do experimento.
3. Utilize a Câmera 2 (que permite a visualização da bureta) nesse momento. Clique no comando para encher a bureta com NaOH. *Caso não consiga ver mudança*, suponha que a bureta já esteja cheia e inicie o processo de gotejamento, pois o líquido pode estar acima do campo de visão da câmera. Assim que o líquido começar a escorrer, você será capaz de observar o menisco.
4. Se a ação não se concretizar, recomendamos que atualize a página e repita o comando.
5. Com o ajuste do menisco feito, altere a visualização para a Câmera que permite a visualização do béquer e faça uma LAVAGEM SIMPLES do béquer e, só após isso, encha o béquer com HCl. O HCl utilizado já está com o indicador ácido-base fenolftaleína.
6. Ligue o agitador magnético.
7. Inicie o procedimento de titulação de NaOH, indicando quantas gotas você deseja liberar sobre o HCl. Sugerimos que faça o gotejamento de maneira lenta, com cerca de 3~2 gotas por vez.
8. Observe atentamente a mudança de coloração e, quando atingir o ponto de equivalência, mude para a câmera da bureta para visualizar o volume de NaOH gasto.
9. Se durante o processo acontecer problemas de conexão, reinicie a página e repita as etapas.
10. Responda o questionário de feedback após o experimento, disponível em: <https://forms.gle/QMoGmRGcFZBHNYEA6>