UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

MARAÍNA MEDEIROS FERNANDES

EQUIDADE DIGITAL NA EDUCAÇÃO PÓS-PANDEMIA: Mediação pedagógica com plataformas digitais para o ensino de eletroquímica em contextos educacionais diversos

Uberlândia - MG
2026

MARAÍNA MEDEIROS FERNANDES

EQUIDADE DIGITAL NA EDUCAÇÃO PÓS-PANDEMIA: Mediação pedagógica com plataformas digitais para o ensino de eletroquímica em contextos educacionais diversos

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia, atendendo ao requisito para obtenção do título de Doutora em Química.

Área de concentração: Educação em Química.

Orientadora: Profª. Drª. Sheila Cristina Canobre.

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Amaral.

Uberlândia - MG

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F363
2026

Fernandes, Maraína Medeiros, 1992-
EQUIDADE DIGITAL NA EDUCAÇÃO PÓS-PANDEMIA [recurso eletrônico] : Mediação pedagógica com plataformas digitais para o ensino de eletroquímica em contextos educacionais diversos / Maraína Medeiros Fernandes. - 2026.

Orientadora: Sheila Cristina Canobre.
Coorientador: Fábio Augusto Amaral.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Química.
Modo de acesso: Internet.
DOI http://doi.org/10.14393/ufu.te.2026.651
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Química. I. Canobre, Sheila Cristina ,1975-, (Orient.). II. Amaral, Fábio Augusto,1974-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Química. IV. Título.

CDU: 54

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Química
Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 5I - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 3239-4385 - www.cpgquimica.iq.ufu.br - cpgquimica@ufu.br

ATA

Programa de Pós-Graduação em:	Química				
Defesa de:	Tese de Doutorado Acadêmico, 188, PPGQUI				
Data:	Doze de agosto de dois mil e vinte e seis	Hora de início:	14 h	Hora de encerramento:	18:25 h
Matrícula do Discente:	12123QMI001				
Nome do Discente:	Maraína Medeiros Fernandes				
Título do Trabalho:	“EQUIDADE DIGITAL NA EDUCAÇÃO PÓS-PANDEMIA: Mediação pedagógica com plataformas digitais para o ensino de eletroquímica em contextos educacionais diversos”				
Área de concentração:	Química				
Linha de pesquisa:	Química Ambiental, Sustentabilidade e Educação em Química				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO QUANTO AO DESCARTE RESPONSÁVEL DE BATERIAS DE CELULARES USADAS E REPROCESSAMENTO DOS MATERIAIS CATÓDICOS DESTAS BATERIAS				
ODS 4	ODS 4 - Educação de qualidade: assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.				

Reuniu-se, por webconferência, no *link*: https://teams.microsoft.com/meet/216979691886998?p=e1cdH6v7WBpxfnlsiU, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Química, assim composta: Professores Doutores: **Juliano Soares Pinheiro** e **Rafael Martins Mendes**, da Universidade Federal de Uberlândia - IQ; **Valéria Almeida Alves,** da Universidade Federal do Triângulo Mineiro(UFTM); **Márcia Andreia Mesquita Silva da Veiga**, Universidade de São Paulo-USP/Ribeirão Preto, e **Sheila Cristina Canobre**, orientador(a) do candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, **Drª. Sheila Cristina Canobre**, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu

dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Documento assinado eletronicamente por **Sheila Cristina Canobre**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/08/2026, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Juliano Soares Pinheiro**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/08/2026, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Rafael Martins Mendes**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/08/2026, às 18:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Valéria Almeida Alves**, **Usuário Externo**, em 12/08/2026, às 23:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Márcia Andreia Mesquita Silva da Veiga**, **Usuário Externo**, em 13/08/2026, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7416463** e o código CRC **3FBFFC0C**.

Referência: Processo nº 23117.040623/2026-51 SEI nº 7416463

DADOS CURRICULARES

1. IDENTIFICAÇÃO

Nome: Maraína Medeiros Fernandes

Nome em citações bibliográficas: Medeiros, M. S.; Medeiros, Maraína Souza; Souza Medeiros, Maraína; Fernandes, M. M.; Medeiros Fernandes, Maraína; Fernandes, Maraína Medeiros.

ID Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2076-5070

ID Lattes: http://lattes.cnpq.br/4504424586651118

2. DADOS PESSOAIS

Nascimento: 06/01/1992

Nacionalidade: Brasileira

Naturalidade: Itumbiara - GO

Estado civil: Casada

Filiação: Valterson José Medeiros e Maria Souza Medeiros

3. ATUAÇÃO PROFISSIONAL

Vínculo institucional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara

Período: 2017 - Atual

Enquadramento funcional: Auxiliar de Biblioteca

Carga horária: 40 horas semanais

4. FORMAÇÃO ACADÊMICA/TITULAÇÃO

4.1 Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental

Título: QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO E AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESCOLAS DO CAMPO DE UBERLÂNDIA-MG

Orientadora: Profª. Drª. Sheila Cristina Canobre

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Amaral

Período: 2015 - 2017

4.2 Graduação em Licenciatura em Química

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás / Câmpus Itumbiara

Título: ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA DO TEMA AGROTÓXICOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO IFG - CAMPUS ITUMBIARA

Orientadora: Profª. Drª. Simone Machado Goulart

Período: 2010 - 2013

5. ATIVIDADES ACADÊMICAS RELEVANTES REALIZADAS NO PERÍODO

Tipo de atividade acadêmica/produto educacional	Descrição da atividade acadêmica/produto educacional
Aplicativo	Disponível para *download* gratuito na *Apple Store (iOS)* e *Play Store (Android)*
Website	Disponível no seguinte endereço eletrônico *Website*
Instagram	Perfil disponível para acesso aberto ao público em **@eletroquimicanocotidiano**
Ambiente Virtual de Aprendizagem - AVA	Sala virtual criada na Plataforma *Moodle* do IFG para hospedar todas as atividades pedagógicas da sequência didática.
Videoaula publicada no Youtube	Videoaula planejada e executada pela doutoranda, a qual se encontra disponível em Experimento - Pilha de Limão com Moedas
Participação em evento científico (nacional e regional)	XXI Encontro Nacional de Ensino de Química - ENEQ 2023 (Uberlândia-MG)
	Semana Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG - Câmpus Itumbiara (SECITEC 2023)
	I Encontro de Extensão da Pós-Graduação UFU: Diálogos para transformação social (2025)
Resumo simples apresentado	DESAFIOS E POTENCIALIDADES DO ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA NA MODALIDADE REMOTA (ENEQ 2023)
	Pilhas galvânicas da teoria de Daniell à prática com materiais alternativos (EXTENSÃO UFU 2025)
	Eletroquímica no Cotidiano: Inovação e inclusão no ensino de química - desenvolvimento e validação de aplicativo

	offline e *website* para o ensino híbrido (EXTENSÃO UFU 2025)
Minicurso ministrado pela Doutoranda	Minicurso oferecido na programação da SECITEC 2023 e com duração de 3 horas. Minicurso intitulado *Uso de tecnologias digitais no ensino de eletroquímica*
Artigo científico publicado	Artigo publicado no periódico internacional *Journal of Chemical Education (JCE)* intitulado *Electrochemistry in Everyday Life: Evaluation of a Learning Sequence Supported by Digital Tools in Diverse Educational Contexts*
Orientação de Iniciação Científica (IC) na graduação e Coorientação de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)	**TCC -** *Uso de estratégias pedagógicas remotas fundamentadas na pesquisa-ação com ênfase no tema ambiental "água"* (2022) **Iniciação Científica -** *Desenvolvimento de um caderno temático experimental como ferramenta para a formação discente contextualizada e interdisciplinar* (2021 - 2022)
Participação em bancas de trabalhos de conclusão	OLIVEIRA JUNIOR, C. I.; MEDEIROS, M. S.; GOULART, S. M.. Participação em banca de Alyne Santana Matos. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO TRINDADE, NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA-GO. **2021**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.
	FRAZAO, J. M.; ALVES, O. R.; MEDEIROS, M. S.. Participação em banca de Débora Morais Silva. RESÍDUOS SÓLIDOS E OS IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA. **2022**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.
	FRAZAO, J. M.; MEDEIROS, M. S.; GOULART, S. M.. Participação em banca de Rosane Guimarães Guerino. AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA DURANTE O ENSINO REMOTO NO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CÂMPUS ITUMBIARA. **2022**. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Especialização em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.
Participação em bancas de comissões julgadoras	Avaliadora da III Mostra dos Projetos Integradores 2023-2 do IFG - Câmpus Itumbiara **(área de concentração: Química)**
Avaliadora de projetos de	Avaliadora de um projeto de pesquisa para o PIBITI

pesquisa	GRADUAÇÃO - EDITAL Nº 24/2026-PROPPG - PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO (PIBITI) E NAS AÇÕES AFIRMATIVAS (PIBITI-Af) no ano de **2026** na área de conhecimento **"Química"**.

Dedico este trabalho aos meus pais, Valterson e Maria, pelo alicerce de amor e incentivo que construíram. Às minhas irmãs, Janaína e Jaquelaine, pelo amor incondicional e apoio constante em todos os momentos desta longa jornada. E ao meu esposo, Francisco Rodrigo, minha força e meu refúgio, sem a qual esta conquista não teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus pela bênção do conhecimento, pela saúde mental e física, e pela divina inspiração que me acompanharam durante toda a trajetória deste doutorado.

Manifesto meus mais sinceros e respeitosos agradecimentos à Prof[a]. Dr[a]. Sheila Cristina Canobre (orientadora), ao Prof. Dr. Fábio Augusto Amaral (co-orientador) e à Prof[a]. Dr[a]. Simone Machado Goulart (colaboradora). A sua orientação sagaz, a sua disponibilidade constante, a sua crítica perspicaz e o seu estímulo intelectual foram pilares fundamentais em toda esta jornada. A sua expertise não somente norteou o rigor metodológico e conceitual deste trabalho, mas também serviu de inspiração acadêmica e profissional.

Agradeço profundamente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade e pelo ambiente acadêmico fértil para a produção do conhecimento científico. Um reconhecimento especial ao Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQUI) pela excelência do seu corpo docente, técnicos-administrativos e pela infraestrutura proporcionada que foram decisivas para a execução desta pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Itumbiara, em especial ao Professor e Diretor-Geral, Dr. Marcos Antônio Arantes de Freitas, manifesto meu profundo agradecimento pelo apoio institucional. A concessão da licença para capacitação de 90 dias em 2025 foi fundamental para que eu, enquanto servidora técnica-administrativa, pudesse dedicar-me integralmente à conclusão do texto da tese do meu curso de pós-graduação *stricto sensu*.

Aos docentes e colegas do programa de pós-graduação, agradeço pelos debates enriquecedores, pelas sugestões valiosas e pela convivência acadêmica que muito contribuíram para o meu crescimento intelectual.

Aos professores e gestores das escolas (pública, privada e do campo) que participaram desta pesquisa, o meu mais genuíno agradecimento pela receptividade, pela disponibilidade e pela indispensável colaboração durante a fase de coleta de dados. Sem a sua participação, este estudo não teria sido possível. Um agradecimento especial é dirigido ao discente Gabriel Augusto Costa de Freitas, da Escola Pública, cuja contribuição foi fundamental para o desenvolvimento (programação) do aplicativo educacional sobre conteúdos fundamentais de eletroquímica. Sua paciência e dedicação extrema foram cruciais para superarmos, juntos, os desafios inerentes ao processo, resultando em um produto que superou nossas expectativas.

À minha família, as palavras são insuficientes para expressar minha gratidão. Aos meus pais, Valterson e Maria, pelo amor incondicional, pelos sacrifícios incontáveis e pela base que me permitiu chegar até aqui. Cumpre, outrossim, externar meus agradecimentos a minhas irmãs, Janaína e Jaquelaine, cuja disposição para o amparo mostrou-se constante, permeando inclusive os períodos de maior adversidade no desenvolvimento desta investigação. Na convivência dos altos e baixos, dos sorrisos e das lágrimas, foi possível vislumbrar e valorizar a essência do que verdadeiramente constitui o elo fraternal. Ao meu esposo, Francisco Rodrigo, pela paciência infinita, pelo apoio emocional inabalável e por ter sido meu porto seguro durante todos estes anos de dedicação e ausências. Esta conquista é tão vossa quanto é minha.

Dirijo meus especiais agradecimentos ao Pedro Henrique Pereira e Moreira, não apenas por sua inestimável amizade, mas também pelo constante apoio emocional que me dispensou desde o início desta jornada doutoral. Sua presença foi um pilar de sustentação, oferecendo-me ouvidos atentos e sábios conselhos nos momentos de maior complexidade técnica e desafios inerentes à execução da pesquisa. Tenho a convicção de que seu incentivo foi decisivo para a conclusão deste processo. Registro aqui, portanto, o meu mais profundo e sincero agradecimento.

Agradeço aos colaboradores da empresa de bioenergia do sul goiano que, por intermédio de meu esposo, disponibilizaram-se a baixar o aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano* e a promovê-lo em suas redes de contato. Esse apoio foi fundamental para os elevados índices de *download* obtidos, facilitando a disseminação desse recurso educacional a discentes em âmbito nacional e internacional.

Por fim, a todos os que, de alguma forma, compartilharam desta caminhada e cujos nomes não foram aqui explicitamente mencionados, mas cuja contribuição não foi menor, o meu mais sincero sentimento de gratidão.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

(Freire, 2002, p. 69)

RESUMO

FERNANDES, Maraína Medeiros. **EQUIDADE DIGITAL NA EDUCAÇÃO PÓS-PANDEMIA:** Mediação pedagógica com plataformas digitais para o ensino de eletroquímica em contextos educacionais diversos. 2026. 341 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG[1].

A eletroquímica apresenta notórias dificuldades de ensino e aprendizagem consistentemente documentadas na literatura especializada, as quais foram substancialmente agravadas pela implementação do ensino remoto emergencial. Este contexto exigiu maior autonomia discente na aprendizagem e demandou dos docentes alternativas didáticas eficazes para mediação conceitual à distância, aprofundando obstáculos históricos. Nesta perspectiva, a presente investigação, de natureza qualitativa, objetivou investigar os impactos da implementação de recursos educacionais digitais – um aplicativo *offline* e um *website* intitulados *Eletroquímica no Cotidiano* – no processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica, visando superar obstáculos históricos agravados pelo contexto remoto e promover equidade no acesso à aprendizagem significativa em realidades educacionais distintas (pública, privada e do campo) em Itumbiara-GO. O estudo desenvolveu-se sequencialmente em cinco etapas metodológicas: inicialmente, realizou-se revisão sistemática da literatura para mapear obstáculos no ensino de eletroquímica e analisar a eficácia de metodologias ativas; subsequentemente, investigaram-se os desafios do ensino remoto emergencial em Ciências/Química a partir de percepções de docentes e discentes de três contextos educacionais, contrastadas com documentos institucionais; na terceira e quarta fases, após o desenvolvimento e o uso em sala de aula, os recursos digitais passaram por uma rigorosa validação por docentes e discentes (usabilidade, experiência do usuário e princípios de aprendizagem), resultando em uma versão aprimorada e demonstrando viabilidade mesmo em contextos com pouca infraestrutura tecnológica; finalmente, avaliaram-se os impactos da implementação destes recursos na participação discente e desempenho cognitivo mediante questionários pré e pós-intervenção nos três contextos educacionais. Os resultados do diagnóstico inicial atestaram a gravidade do cenário, com 63% dos discentes avaliando negativamente as aulas remotas de Química e apontando a falta de concentração no ambiente domiciliar como principal empecilho, sendo os desafios mais pronunciados na Escola do Campo, onde se verificou carência acentuada de capacitação docente e suporte técnico. Após a intervenção com as ferramentas digitais, os dados quantitativos evidenciaram avanços significativos, registrando-se aprimoramento considerável na compreensão conceitual – com aproximadamente 50% de acertos na atividade *Quiz no Moodle* pela Escola Pública – indicando superação de obstáculos cognitivos. Qualitativamente, os discentes relataram maior motivação e compreensão mais clara dos conceitos abstratos, atribuindo tal progresso à eficaz contextualização com fenômenos cotidianos proporcionada pelos recursos. Não obstante, persistiram dificuldades na Escola do Campo associadas a defasagens curriculares prévias, embora se tenha observado notório engajamento desses discentes nas atividades práticas. Conclui-se que a complexidade dos desafios inerentes ao ensino remoto, por manifestar-se de forma heterogênea, tende a intensificar disparidades educacionais pré-existentes. Contudo, os recursos digitais desenvolvidos, concebidos mediante abordagem contextualizada e submetidos a rigoroso processo de validação, configuram-se como estratégias pedagógicas promissoras para mitigação de lacunas de aprendizagem em eletroquímica. Tais ferramentas demonstraram potencial para catalisar o engajamento discente,

[1] Comitê orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto Amaral – UFU.

fomentar autonomia e indicar trajetórias exequíveis para promoção de equidade educacional em contextos diversificados, com especial relevância para cenários de carência infraestrutural. O legado da pesquisa aponta para a transformação da experiência emergencial em progresso duradouro, mediante o investimento contínuo em recursos digitais embasados e na capacitação docente para uma implementação crítica.

Palavras-chave: Eletroquímica; Ensino Remoto; Recursos Educacionais Digitais; Aprendizagem Contextualizada; Equidade Educacional.

ABSTRACT

FERNANDES, Maraína Medeiros. **DIGITAL EQUITY IN POST-PANDEMIC EDUCATION:** Pedagogical mediation with digital platforms for teaching electrochemistry in diverse educational contexts. 2026. 341 p. Thesis (Doctorate in Chemistry) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia – MG[2].

Electrochemistry presents notorious and well-documented teaching and learning difficulties, which were substantially aggravated by the implementation of emergency remote teaching. This context demanded greater student autonomy and required educators to develop effective didactic alternatives for conceptual mediation at a distance, thereby deepening long-standing obstacles. This qualitative investigation aimed to evaluate the impacts of implementing digital educational resources—an offline application and a website titled *Electrochemistry in Everyday Life*—on the teaching and learning process. The goal was to overcome historical obstacles exacerbated by the remote context and promote equity in access to meaningful learning across distinct educational settings (public, private, and rural) in Itumbiara, Goiás, Brazil. The study unfolded sequentially in five methodological stages: first, a systematic literature review was conducted to map obstacles in electrochemistry education and analyze the effectiveness of active methodologies; subsequently, the challenges of emergency remote teaching in Science/Chemistry were investigated through the perceptions of teachers and students from three educational contexts, which were contrasted with institutional documents; third, after development and classroom implementation, the digital resources underwent rigorous validation by teachers and students (focusing on usability, user experience, and learning principles), resulting in an improved version and demonstrating feasibility even in contexts with limited technological infrastructure; finally, the impacts of these resources on student participation and cognitive performance were evaluated using pre- and post-intervention questionnaires across the three contexts. Initial diagnostic results confirmed the severity of the situation, with 63% of students rating their remote Chemistry classes negatively and citing a lack of concentration at home as the primary hindrance. These challenges were most pronounced in the Rural School, which exhibited a significant lack of teacher training and technical support. Following the intervention with the digital tools, quantitative data showed significant progress, noting a considerable improvement in conceptual understanding—exemplified by the Public School achieving approximately 50% correct answers in a *Moodle Quiz*—indicating the overcoming of cognitive obstacles. Qualitatively, students reported increased motivation and a clearer grasp of abstract concepts, attributing this progress to the resources' effective contextualization of content with everyday phenomena. Nevertheless, difficulties associated with prior curricular gaps persisted in the Rural School, despite these students showing notable engagement in practical activities. In conclusion, the complexity of challenges inherent to remote teaching, which manifest heterogeneously, tends to intensify pre-existing educational disparities. However, the developed digital resources, designed with a contextualized approach and subjected to a rigorous validation process, represent promising pedagogical strategies for mitigating learning gaps in electrochemistry. These tools demonstrated potential to catalyze student engagement, foster autonomy, and outline feasible pathways for promoting educational equity in diverse contexts, particularly in scenarios with infrastructural limitations. The research's legacy points toward transforming an emergency

[2] Steering Committee: Sheila Cristina Canobre – UFU and Fábio Augusto Amaral – UFU.

experience into lasting progress through continuous investment in evidence-based digital resources and teacher training for critical implementation.

Keywords: Electrochemistry; Emergency Remote Teaching; Digital Educational Resources; Contextualized Learning; Educational Equity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Número de publicações sobre os desafios do ensino-aprendizagem de eletroquímica durante a pandemia ou após a pandemia…….....	43
Figura 2 -	Número de publicações sobre metodologias ativas aplicadas ao ensino-aprendizagem de eletroquímica durante a pandemia ou após a pandemia…….....	48
Figura 3 -	Processo de coleta de dados para a pesquisa sobre o ensino remoto emergencial (ERE).....	68
Figura 4 -	Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Para você, o que significa ministrar suas aulas de forma presencial?".....	81
Figura 5 -	Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Para você, o que significa participar das aulas de forma presencial?".....	81
Figura 6 -	Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Em sua opinião, como foi sua experiência ao ministrar aulas virtuais?".....	82
Figura 7 -	Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Em sua opinião, como foram as aulas via remota da sua escola?".....	83
Figura 8 -	Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "No contexto do ensino remoto, qual foi a postura desempenhada pelos professores? É possível marcar mais de uma alternativa.".....	83
Figura 9 -	Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "No contexto do ensino remoto, quais foram as principais dificuldades enfrentadas pelos docentes? É possível marcar mais de uma alternativa".....	84
Figura 10 -	Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Quais são as principais características da plataforma digital adotada por sua escola no ensino remoto? É possível marcar mais de uma alternativa".....	86
Figura 11 -	Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Como você, docente, avalia as aulas remotas realizadas na sua escola?".....	87
Figura 12 -	Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Quais as principais dificuldades encontradas por você durante as aulas remotas da escola? É possível marcar mais de uma alternativa".....	88
Figura 13 -	Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Com a transição do sistema educacional presencial para o virtual, houve algum curso de capacitação/treinamento oferecido aos professores e alunos para o uso adequado da plataforma digital adotada pela escola?".....	89

Figura 14 -	Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: “Em uma escala de 0 a 10, qual o seu nível de familiaridade com a informática?”.....	89
Figura 15 -	Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: “Durante as aulas remotas, como estava a sua situação de acesso a recursos audiovisuais e à *internet*?”.....	90
Figura 16 -	Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: “A escola deu condições materiais e de acesso à *internet* para a realização das atividades remotas?”.....	91
Figura 17 -	Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: “Qual(is) das seguintes ferramentas/aplicativos você frequentemente utilizou durante a realização das atividades escolares remotas?”.....	93
Figura 18 -	Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Em sua opinião, qual(is) a(s) responsabilidade(s) do professor no desenvolvimento intelectual de seus estudantes?”.....	93
Figura 19 -	Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: “Em sua opinião, qual a importância da escola na vida do aluno?”.....	93
Figura 20 -	*Layout* do Aplicativo (A) e *Website* (B) desenvolvidos para o ensino de eletroquímica…….....	111
Figura 21 -	Fluxo interativo da seção “Exercícios e Aplicações”: tela inicial (A), seleção de resposta (B) e *feedback* visual (verde - resposta correta/vermelho - resposta incorreta) (C e D).....	111
Figura 22 -	Evolução das instalações do aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano* por sistema operacional (*Android* e *iOS*) no período de 2025 a 2026.....	112
Figura 23 -	Telas do Material Suplementar (A) e Representação esquemática da *Pilha Caseira de Limão com Moedas* (estrutura, eletrodos e processo eletroquímico) (B).....	113
Figura 24 -	Interface e funcionalidades das seções "Potenciais-Padrão de Redução" e "Animação da Pilha de Daniell".....	114
Figura 25 -	Regras para participação dos estudantes na atividade *Concurso de Logomarca*……..	121
Figura 26 -	Representação esquemática da *Pilha Caseira de Limão com Moedas* (estrutura, eletrodos e processo eletroquímico) (A) e estudantes montando a pilha caseira com auxílio da pesquisadora (B).....	122
Figura 27 -	Questão dissertativa do *Desafio da Eletroquímica*, a qual foi postada e resolvida pelos alunos na Plataforma *Moodle*.....	123
Figura 28 -	Registros fotográficos da Aula 1 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C).....	125
Figura 29 -	Versões vertical (A) e horizontal (B) da logomarca utilizada no projeto *Eletroquímica no Cotidiano*.....	126
Figura 30 -	Propostas de logomarcas finalistas do concurso para representar graficamente as ferramentas virtuais (aplicativo e *website*).....	127

Figura 31 - Registros fotográficos da Aula 2 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C)..... 128
Figura 32 - Registros fotográficos da Aula 3 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C)..... 130
Figura 33 - Registros fotográficos das Aulas 4 e 5 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C)..... 134
Figura 34 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "A logomarca das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*) é atraente e traduz com clareza o objetivo pedagógico?".... 153
Figura 35 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Os assuntos apresentados no Menu principal do aplicativo e *website* são úteis e adequados para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?"..... 154
Figura 36 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "A linguagem e a fonte utilizadas nas ferramentas produzidas (aplicativo e *website*) são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos abordados?"..... 155
Figura 37 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual a avaliação do seu grau de aprendizagem em relação ao uso das duas ferramentas educativas na aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?"..... 156
Figura 38 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) o(s) aspecto(s) positivo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?"..... 157
Figura 39 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual das atividades pedagógicas listadas abaixo favoreceu a compreensão dos conceitos de oxirredução durante as aulas ministradas?"..... 159
Figura 40 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual o seu nível de satisfação quando o professor utiliza materiais alternativos ou ferramentas virtuais para o ensino-aprendizagem de conteúdos de Ciências ou de Química?"..... 160
Figura 41 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Com base no seu nível de conhecimento quanto às tecnologias digitais, como você avalia sua experiência com o *App* e *website*?"..... 161
Figura 42 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) tópico(s) do aplicativo e *website* mais atraiu sua atenção? É possível marcar mais de uma opção!"..... 162
Figura 43 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Em termos visuais, qual característica do *App* e *website* impactou positivamente para o sucesso da sua aprendizagem sem a presença efetiva do professor?"..... 163
Figura 44 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Em quanto tempo, em média, você gastou para estudar os 164

conteúdos abordados nas ferramentas digitais desenvolvidas (*App* ou *website*) e na resolução dos exercícios propostos?”.....

Figura 45 - Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: “Antes de utilizar o *App* e *website*, quais foram as suas dificuldades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem de reações de oxirredução?”..... 165

Figura 46 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “A logomarca das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*) apresenta quais características marcantes que reforçam o seu objetivo pedagógico?”..... 167

Figura 47 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “A linguagem e a fonte utilizadas nas ferramentas produzidas (aplicativo e *website*) são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos abordados?”..... 168

Figura 48 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Os assuntos apresentados no Menu principal do aplicativo e *website* são úteis e adequados para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?”..... 169

Figura 49 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual a sua avaliação do uso pedagógico das duas ferramentas educativas desenvolvidas na aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?”..... 170

Figura 50 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual(is) o(s) aspecto(s) positivo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?”..... 171

Figura 51 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual das atividades pedagógicas listadas abaixo favoreceu a compreensão dos conceitos de oxirredução durante as aulas ministradas?”..... 172

Figura 52 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Ao elaborar o planejamento de suas aulas para o ensino de Ciências ou de Química você têm o hábito de introduzir tecnologias digitais (aplicativos, jogos educativos e outros) para facilitar o ensino-aprendizagem?”..... 173

Figura 53 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Com base no seu nível de conhecimento quanto às tecnologias digitais, como você acredita que será sua experiência com o *app* e *website* em aulas futuras?”..... 174

Figura 54 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Tendo em vista o planejamento de uma aula sobre conteúdos de eletroquímica, em qual momento você acharia mais pertinente para as ferramentas desenvolvidas serem introduzidas?”..... 175

Figura 55 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Antes de elaborar o planejamento de uma aula sobre conteúdos de eletroquímica, quais são suas dificuldades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem de reações de oxirredução? É possível marcar mais de uma opção de resposta!”..... 176

Figura 56 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Qual(is) tópico(s) do aplicativo e *website* mais atraiu sua atenção? É possível marcar mais de uma opção!"..... 177
Figura 57 - Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Em termos visuais, qual característica do *app* e *website* impactou positivamente para o sucesso da sua aprendizagem sem a presença efetiva do professor?"..... 178
Figura 58 - Aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano* aprimorado após a validação inicial com docentes e discentes de três escolas distintas (pública, privada e do campo)..... 181
Figura 59 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) conteúdo(s) de química prévio(s) você julga ser(em) importante(s) para se aprender eletroquímica?"..... 193
Figura 60 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "No Ensino Médio, qual(is) competência(s) e habilidade(s) são esperadas no estudo de eletroquímica?"..... 194
Figura 61 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "O esboço abaixo representa uma célula eletroquímica. Identifique os componentes enumerados na figura"..... 195
Figura 62 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "O que você entende por ferrugem?"..... 196
Figura 63 - Configuração experimental para análise de oxidação (Questão 6).. 198
Figura 64 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) do(s) experimento(s) a seguir pode(m) sofrer oxidação após um período de três dias?"..... 199
Figura 65 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Ao analisar comparativamente a energia consumida para produzir alumínio a partir do mineral bauxita (processo eletrolítico) e a energia gasta para reciclar o metal a partir das "latinhas" descartadas é possível concluir que:"... 200
Figura 66 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Curiosidade envolvendo eletroquímica: Por que ao morder acidentalmente uma embalagem metálica como de uma bala com os dentes obturados com amálgama, sentimos uma dor significativa? Avalie as afirmações a seguir e assinale a alternativa correta"..... 201
Figura 67 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Curiosidade envolvendo eletroquímica: Quando cozinhamos excessivamente os ovos em um recipiente de prata contendo água é possível observar o escurecimento da parte interna do recipiente. Qual(is) fenômeno(s) aparece(m) nesse experimento?"..... 202
Figura 68 - Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Onde você descarta pilhas e baterias após o seu vencimento?"..... 203

Figura 69 -	Fluxograma do processo estratégico de divulgação científica do aplicativo educacional……..	213
Figura 70 -	Envio do *e-mail* institucional para escolas/instituições de ensino superior e docentes……..	214
Figura 71 -	Divulgação do aplicativo e *website* no Instagram do projeto *Café na Química* da UFU……..	215
Figura 72 -	Funcionários de uma empresa de bioenergia da região sul de Goiás realizando o *download* do aplicativo…….....	216
Figura 73 -	Criação de um ponto de acesso espontâneo em uma biblioteca pública, com *folder* contendo o *QR Code* para *download*…….....	216
Figura 74 -	Colagem de *folders* (A) em postes próximos a Instituições de Ensino Superior (B) e nas escolas de Ensino Fundamental e Médio (C) localizadas na região de Itumbiara…….....	216
Quadro 1 -	Principais contribuições científicas selecionadas que relatam sobre os desafios do ensino-aprendizagem de eletroquímica na Educação Básica…….....	44
Quadro 2 -	Principais contribuições científicas selecionadas que relatam sobre o uso de metodologias ativas para promover a eficácia do processo ensino-aprendizagem em eletroquímica na Educação Básica…….....	50
Quadro 3 -	Normatização do ensino remoto em três escolas (pública, privada e do campo) de Itumbiara-GO…….....	70
Quadro 4 -	Descrição da sequência didática *Eletroquímica no Cotidiano*, com ênfase nas estratégias pedagógicas utilizadas e nos objetivos específicos por etapa……	107
Quadro 5 -	Lista de materiais alternativos para a montagem da *Pilha de Limão com Moedas*……..	130
Quadro 6 -	Análise crítica da eficácia da sequência didática de eletroquímica em termos de habilidades adquiridas e necessidades de aprimoramento……	135
Quadro 7 -	Análise do desempenho discente (EPu) na resolução de problemas fundamentais de eletroquímica mediante utilização do aplicativo e *website* como ferramentas de apoio pedagógico……...	152
Quadro 8 -	Avaliação do aplicativo/*website* integrando a validação com docentes e discentes ao Modelo de Análise de Aplicativos Educacionais (MAAE).....	179
Quadro 9 -	Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: “Escreva as semi-reações e a equação global balanceada das reações da célula galvânica: $Cr_{(s)}\|Cr^{2+}_{(aq)}\|\|Au^{3+}_{(aq)}\|Au_{(s)}$. Identifique e JUSTIFIQUE quem é o cátodo e o ânodo. Desenhe uma pilha, indicando o cátodo, o ânodo e o fluxo de elétrons, utilizando o esquema de pilha mostrada abaixo”.....	197
Quadro 10 -	Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: “Verdadeiro ou falso: Pilhas e baterias possuem substâncias que podem provocar anemia, problemas neurológicos e desenvolvimento de alguns tipos de câncer. Justifique sua resposta”.....	204

Quadro 11 - Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: “Qual é a polarização (sinal do pólo) de um ânodo e de um cátodo em uma pilha galvânica e em uma eletrólise? Explique”..... 205
Quadro 12 - Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: “Qual a finalidade da ponte salina na pilha? Justifique”..... 205
Quadro 13 - Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: “Como você determina qual espécie sofreu oxidação e qual espécie sofreu redução?”..... 206

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Perfil dos participantes da pesquisa……...	80
Tabela 2 -	Avaliação das ferramentas digitais: Médias das respostas em escala Likert de 1 a 4, conforme avaliação de discentes e docentes…….....	116
Tabela 3 -	Resumo das principais métricas de engajamento nas três escolas…….....	119
Tabela 4 -	Desempenho dos discentes nas atividades avaliativas digitais…….....	123
Tabela 5 -	Valores experimentais de potencial padrão (ΔE / V)* obtidos em cinco experimentos de pilhas caseiras realizados em três escolas…….....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3 MPs	3 Momentos Pedagógicos
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
App	*Application*
Apps	*Applications*
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CME	Conselho Municipal de Educação
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DDP	Diferença de Potencial
DT	*Design Thinking*
EJA	Educação de Jovens e Adultos
EC	Escola do Campo
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPr	Escola Privada
EPu	Escola Pública
ERE	Ensino Remoto Emergencial
ETAs	Estações de Tratamento de Água
GO	Goiás
IFG	Instituto Federal de Goiás
IUPAC	*International Union of Pure and Applied Chemistry*
JCE	*Journal of Chemical Education*
MAAE	Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais
MEC	Ministério da Educação
Nox	Número de oxidação
PET	Programa de Educação Tutorial
PhET	*Physics Education Technology*
PPC	Projeto Pedagógico de Curso

PPGQUI	Programa de Pós-Graduação em Química
PPP	Projeto Político-Pedagógico
PROEN	Pró-Reitoria de Ensino
RDD	Recursos Didáticos Digitais
REANP	Regime de Aulas Não Presenciais
RPG	*Role-Playing Game*
SEE	Sistema de Ensino Emergencial
SME	Secretaria Municipal de Educação
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDB	Taxonomia Digital de Bloom
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TI	Tecnologia da Informação
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TS	Temas Sociocientíficos
UDL	*Universal Design for Learning*
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA AUTORA E DA TESE.....12
1 INTRODUÇÃO.....17
1.1 OBJETIVOS.....20
1.1.1 Objetivo Geral.....20
1.1.2 Objetivos Específicos.....20
2 METODOLOGIA GERAL.....22
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....22
2.2 CONTEXTO DO ESTUDO E ATORES SOCIAIS.....23
2.2.1 Cenário da pesquisa.....23
2.2.2 Participantes da pesquisa.....24
2.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....24
2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....26
2.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS.....28
2.6 ASPECTOS ÉTICOS.....29
3 RESULTADOS GERAIS.....31
3.1 CAPÍTULO I - REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA.....31
3.2 CAPÍTULO II - ANÁLISE DOS DESAFIOS DO ENSINO REMOTO.....31
3.3 CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO, AVALIAÇÃO E APLICAÇÃO DOS RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....32
3.4 CAPÍTULO IV - VALIDAÇÃO DOS RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS.....32
3.5 CAPÍTULO V - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA APRENDIZAGEM DISCENTE..33
3.6 SÍNTESE DOS RESULTADOS GERAIS.....33
3.1 CAPÍTULO I - ELETROQUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Uma revisão crítica dos desafios e metodologias ativas empregadas.....34
RESUMO.....35
ABSTRACT.....35
RESUMO GRÁFICO.....36
3.1.1 Introdução.....36
3.1.1.1 Desafios do ensino de eletroquímica no Ensino Médio.....37
3.1.1.2 Recursos didáticos digitais e o ensino de eletroquímica.....39
3.1.2 Metodologia.....41
3.1.3 Revisão de literatura e discussão.....42
3.1.3.1 Os principais desafios no ensino e aprendizagem de eletroquímica….....42
3.1.3.2 Estratégias, metodologias e recursos superadores: Análise de eficácia e potencialidades…….... 47
3.1.3.3 Críticas e limitações das propostas…….....54
3.1.3.4 Aprofundamento teórico: As contribuições de Vygotsky, Freire e Ausubel.....56
3.1.3.5 Proposição do aplicativo educacional gratuito e *offline* como alternativa integradora.58
3.1.4 Conclusão parcial…….....59

3.2 CAPÍTULO II - DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO ENSINO REMOTO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Um estudo com docentes e discentes em Itumbiara-GO.....61
RESUMO.....62
ABSTRACT.....62
RESUMO GRÁFICO.....63
3.2.1 Introdução.....63
3.2.2 Metodologia.....66
3.2.2.1 Classificação da pesquisa.....66
3.2.2.2 Local de realização e participantes.....66
3.2.2.3 Análise documental sobre a implementação do ensino remoto em diferentes contextos educacionais.....67
3.2.2.4 Coleta e análise de dados.....67
3.2.3 Resultados e discussão.....68
3.2.3.1 Caracterização das instituições investigadas baseado nos PPPs e PPCs 68
3.2.3.1.1 Escola Pública (EPu) - Instituição federal de ensino técnico a nível médio.....68
3.2.3.1.2 Escola Privada (EPr) – Instituição de Ensino Médio da rede particular.....68
3.2.3.1.3 Escola do Campo (EC) – Escola localizada na zona rural de Itumbiara-GO.....69
3.2.3.2 Análise crítica dos documentos oficiais reguladores do ensino remoto em três instituições educacionais de Itumbiara-GO 69
3.2.3.3 Análise integrada das percepções sobre o ensino remoto de Química: Convergências e divergências entre docentes e discentes.....80
3.2.3.4 Da resposta de emergência à construção de um novo paradigma educacional.....94
3.2.4 Conclusão parcial.....98
3.3 CAPÍTULO III - *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO*: Desenvolvimento de aplicativo e *website* para o ensino híbrido de eletroquímica na Educação Básica.....100
RESUMO.....101
ABSTRACT.....101
RESUMO GRÁFICO.....102
3.3.1 Introdução.....102
3.3.2 Metodologia.....105
3.3.2.1 Delineamento e locais de estudo.....105
3.3.2.2 Público-alvo.....105
3.3.2.3 Desenvolvimento do aplicativo e *website*.....106
3.3.2.4 Aplicação do Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE) na validação dos produtos educacionais.....106
3.3.2.5 Planejamento da sequência didática fundamentada nos 3 Momentos Pedagógicos (3 MPs) 106
3.3.2.6 Coleta e análise de dados.....108
3.3.2.7 Considerações éticas.....109
3.3.2.8 Declaração de Segurança.....109
3.3.3 Resultados.....109

3.3.3.1 Descrição dos produtos educacionais *Eletroquímica no Cotidiano*.....110
3.3.3.2 Análise dos produtos educacionais segundo o MAAE……115
3.3.3.2.1 Critério I: Usabilidade.....115
3.3.3.2.2 Critério II: Experiência de Usuário.....117
3.3.3.2.3 Critério III: Princípios de Aprendizagem.....118
3.3.3.3 Engajamento dos discentes…….....119
3.3.3.4 Desempenho dos discentes em atividades avaliativas……122
3.3.3.5 Sequência didática de eletroquímica: O impacto do tipo de escola no desempenho dos discentes…….……124
3.3.4 Discussão…….....136
3.3.4.1 Engajamento e abordagem metodológica: Contrastes e convergências……..136
3.3.4.2 O Impacto da divisão digital e soluções adaptativas…….....137
3.3.4.3 Síntese e implicações pedagógicas…….....138
3.3.5 Conclusão parcial…….....139
3.3.6 Material suplementar……...140
3.4 CAPÍTULO IV - VALIDAÇÃO DE APLICATIVO MÓVEL *OFFLINE* E *WEBSITE* PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA..... 142
RESUMO……...…….....143
ABSTRACT……...143
RESUMO GRÁFICO……...144
3.4.1 Introdução…….....144
3.4.2 Metodologia…….....146
3.4.2.1 Desenvolvimento dos recursos educacionais digitais……..146
3.4.2.2 Aplicação e coleta de dados…….....147
3.4.2.3 Procedimentos de aplicação…….....147
3.4.2.4 Processo de validação e participantes……..147
3.4.2.5 Instrumentos de coleta de dados…….....148
3.4.2.6 Modelo de análise e interação do produto…….....148
3.4.2.7 Análise dos dados……149
3.4.2.8 Considerações éticas……149
3.4.3 Resultados e discussão…….....150
3.4.3.1 Procedimento de validação do aplicativo e *website*……150
3.4.3.2 Validação pelos discentes (público-alvo da Educação Básica).....151
3.4.3.3 Validação pelos docentes (especialistas na área de Química e Ciências).....166
3.4.3.3.1 Perfil dos docentes e contexto de atuação.....166
3.4.3.3.2 Avaliação da identidade visual e da usabilidade.....166
3.4.3.3.3 Pertinência e potencial pedagógico do conteúdo.....168
3.4.3.3.4 Viabilidade de implementação e integração ao planejamento docente.....172
3.4.3.3.5 Engajamento e aprendizagem autônoma.....176
3.4.3.4 Resultado da validação inicial dos produtos educacionais ancorada nos critérios do

MAAE……178
3.4.3.4.1 Incorporação do *feedback* dos docentes e discentes e o aprimoramento interativo do aplicativo educacional……180
3.4.4 Conclusão parcial……182
3.5 CAPÍTULO V - TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA: Efeitos do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* no desempenho de discentes da Educação Básica..... 184
RESUMO……185
ABSTRACT……185
RESUMO GRÁFICO……186
3.5.1 Introdução……186
3.5.2 Metodologia……189
3.5.2.1 Delineamento e abordagem da pesquisa……189
3.5.2.2 Participantes e contexto……190
3.5.2.3 Instrumento de coleta de dados……190
3.5.2.4 Procedimentos de intervenção e coleta de dados……191
3.5.2.5 Análise dos dados……191
3.5.2.6 Aspectos éticos da pesquisa……192
3.5.3 Resultados e discussão……192
3.5.4 Conclusão parcial……208
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 211
5 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO APLICATIVO *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO*..... 213
5.1 CANAL INSTITUCIONAL COM ESCOLAS E DOCENTES..... 213
5.2 ESTRATÉGIA MULTIDIMENSIONAL DE DIVULGAÇÃO DIGITAL E FÍSICA.... 215
6 PERSPECTIVAS FUTURAS..... 217
6.1 APRIMORAMENTO E EXPANSÃO DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS DESENVOLVIDOS.....217
6.2 INVESTIGAÇÃO DA APLICABILIDADE EM NOVOS CONTEXTOS.....218
6.3 INTEGRAÇÃO COM POLÍTICAS PÚBLICAS E FORMAÇÃO DOCENTE.....218
6.4 EXPLORANDO SINERGIAS E NOVAS TECNOLOGIAS.....219
REFERÊNCIAS..... 220
ANEXOS..... 240
APÊNDICES..... 261

APRESENTAÇÃO

DA AUTORA

Esta tese é fruto de uma trajetória acadêmico-profissional construída ao longo de mais de uma década, marcada por experiências que, progressivamente, direcionaram meu olhar para os desafios do ensino de Química e para o potencial transformador das tecnologias educacionais.

Minha trajetória acadêmica teve início no primeiro semestre de 2010, com a matrícula no curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) – Câmpus Itumbiara. Dois fatores foram determinantes para essa escolha inicial: a influência das aulas de Química ministradas pela professora Angélica durante o Ensino Médio, no Colégio Instituto Francisco de Assis (2008 - 2009), e o interesse pela atuação em análises químicas no setor industrial. Ao longo da graduação, contudo, meu percurso foi sendo reconfigurado pelo crescente envolvimento com a prática docente, especialmente a partir do início dos estágios curriculares obrigatórios em escolas públicas de Itumbiara-GO. Essa experiência mostrou-se fundamental, pois permitiu o contato direto com as dificuldades enfrentadas pelos discentes – tanto do Ensino Médio quanto da Educação de Jovens e Adultos (EJA) – na aprendizagem de Química, bem como com os desafios inerentes a turmas marcadas por significativa heterogeneidade etária. Ademais, o estágio reforçou minha valorização da docência e do ambiente escolar, consolidando meu interesse pela carreira educacional.

Ainda durante a graduação, tive a oportunidade de realizar estágio curricular não obrigatório na empresa de saneamento básico do estado de Goiás (SANEAGO S.A.), na regional de Itumbiara-GO (2011 - 2013). Vale destacar que fui a primeira discente do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara a ingressar em um estágio nesta companhia, o que, posteriormente, abriu precedente para que novos alunos do mesmo curso pudessem concorrer às vagas de estágio então ofertadas.

Essa experiência proporcionou aprendizados ímpares no campo da química aplicada. Entre as atividades desenvolvidas, destacam-se: a coleta e a realização de análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de água tratada e bruta; o preparo e a padronização de soluções químicas para análises; o manuseio e a manutenção de equipamentos de laboratório e das Estações de Tratamento de Água (ETAs); a esterilização de frascos de coleta e demais vidrarias analíticas; e a elaboração de relatórios mensais relativos às análises da qualidade da água fornecida aos municípios vinculados ao distrito de Itumbiara. A vivência foi

academicamente profícua e profissionalmente singular, consolidando competências técnicas e analíticas essenciais para minha formação.

Após as experiências prévias no estágio de laboratório e na docência, surgiu a oportunidade de concorrer a uma bolsa no primeiro edital do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Licenciatura em Química do IFG – Câmpus Itumbiara (2013), do qual fui selecionada. A atuação como bolsista do PET-Química (Educação, Ambiente e Sociedade) ao longo de aproximadamente um ano constituiu uma experiência profundamente enriquecedora para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. No âmbito do programa, foi possível aprimorar competências de comunicação ao realizar apresentações públicas, estabelecer contatos com profissionais e discentes da área, visitar instituições de ensino e organizar/participar de eventos científicos.

Participei ativamente de projetos nas frentes de ensino, pesquisa e extensão, com destaque para a elaboração do meu Trabalho de Conclusão de Curso, orientado para a Educação em Química. Este investigou a temática dos agrotóxicos sob uma perspectiva contextualizada e interdisciplinar (analítica, orgânica e ambiental), resultando na produção de um caderno temático como produto educacional. Ademais, vivenciei rotinas administrativas inerentes ao funcionamento do grupo, incluindo a elaboração de relatórios, fichas de frequência, atas de reuniões extraordinárias, entre outras atividades. A atuação no PET Química, somada ao fundamental incentivo da docente tutora, Dr[a]. Simone Machado Goulart, foram decisivas para o meu ingresso no mestrado acadêmico em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental na Universidade Federal de Uberlândia (2015–2017) e, posteriormente, no doutorado acadêmico em Química na mesma instituição, no qual me encontro matriculada desde o segundo semestre de 2021.

No mestrado, desenvolvi minha pesquisa com discentes de quatro escolas do campo de Uberlândia-MG (Educação Infantil e Ensino Fundamental), implementando estratégias pedagógicas orientadas pela temática central da água. No doutorado, por sua vez, conduzi a investigação com alunos de três instituições de ensino de Itumbiara-GO (Ensino Fundamental e Ensino Médio) — abrangendo as redes pública, privada e do campo —, com o objetivo de promover a equidade digital no contexto educacional pós-pandêmico, mediante o desenvolvimento e validação de ferramentas educacionais virtuais para contextualizar conceitos fundamentais de eletroquímica.

Ambas as experiências de pesquisa apresentaram desafios significativos, como a diversidade de localizações geográficas das escolas, a instabilidade no acesso à *internet*, e a indisponibilidade do profissional de Tecnologia da Informação (TI) vinculado à Escola Pública,

que possuía a atribuição de auxiliar na programação do aplicativo educacional central à tese. Acrescenta-se a tais obstáculos o diagnóstico de epilepsia recebido no período inicial do mestrado. Apesar de ter enfrentado aproximadamente quatro crises epilépticas ao longo de ambos os programas, optei por não permitir que a condição interferisse em meus objetivos. Iniciei tratamento medicamentoso ainda durante o mestrado, obtendo alta médica em 2021. No entanto, durante o doutorado (junho de 2023 e novembro de 2025), vivenciei novas crises, o que demandou a transição para um novo protocolo terapêutico sob acompanhamento de outra especialista em neurologia. Atualmente, mantenho fé no controle efetivo da condição e na possibilidade de superação definitiva, ansiando por um futuro livre do temor e do constrangimento associados à imprevisibilidade das crises.

A despeito das adversidades, reafirmo que a docência constitui minha vocação e espaço de realização profissional. A oportunidade de observar a satisfação discente frente às estratégias pedagógicas implementadas — bem como os desafios inerentes à participação e ao engajamento de discentes menos interessados — reforçou minha convicção sobre a necessidade de contínua reinvenção didática. Tornar o espaço educativo um ambiente de aprendizado mútuo e constante, para educadores e educandos, permanece como o cerne de minha trajetória e aspiração acadêmico-profissional.

Dessa forma, a jornada aqui delineada mostrou-se fundamental para a definição do tema da presente pesquisa. A compreensão da relevância de investigar estratégias de ensino e aprendizagem, somada à identificação tanto das dificuldades discentes na assimilação de conceitos fundamentais de eletroquímica, quanto dos desafios docentes em abordá-los de modo eficaz, constituíram elementos centrais para a delimitação do objeto de estudo.

Foi essa jornada — entre a sala de aula, o laboratório e a pesquisa — que me levou a questionar: como superar as dificuldades históricas do ensino de eletroquímica, particularmente agravadas pelo contexto remoto, e promover equidade no acesso a uma aprendizagem significativa em diferentes realidades educacionais? Essa pergunta, gestada na prática e refinada nos debates com meus orientadores sobre ensino híbrido e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), tornou-se o eixo central desta tese. O trabalho visa, portanto, investigar as contribuições potenciais de um aplicativo móvel *offline* e de um *website* educacional para o processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica em diferentes contextos educacionais (público, privado e do campo), com o objetivo de fomentar o acesso equitativo à educação digital no cenário pós-pandêmico.

DA TESE

Esta tese adota o formato conhecido como *multipaper* ou *tese por compilação de artigos*, conforme defendido por Costa (2014). Embora não seja o modelo tradicional utilizado na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) na área de Educação em Química, esse formato tem se consolidado em diversas áreas do conhecimento, como Educação em Ciências/Química. A escolha justifica-se pela natureza da pesquisa, desenvolvida em etapas metodológicas distintas e inter-relacionadas, cada uma resultando em um produto (artigo) com identidade própria. Essa organização possibilita uma apresentação mais detalhada e coesa de cada fase da investigação, facilitando a compreensão do percurso metodológico e dos resultados alcançados, além de refletir a dinâmica de produção científica da área.

A tese está estruturada da seguinte forma:

- **Introdução**: contextualiza o tema de investigação, destacando sua relevância, a problemática que orienta o estudo e os objetivos gerais e específicos;
- **Metodologia Geral**: descreve o percurso metodológico, organizado em cinco etapas distintas, elaboradas para assegurar o cumprimento dos objetivos específicos;
- **Resultados Gerais**: apresenta, de forma integrada e sintética, os principais achados das cinco etapas metodológicas, evidenciando como a pesquisa respondeu à questão-problema ao analisar os impactos do ensino remoto e das ferramentas digitais no ensino de eletroquímica em diferentes contextos educacionais.

No que se refere aos **Resultados Específicos e Discussão**, a fim de atender à recomendação de maior detalhamento, a tese organiza-se em cinco capítulos centrais, apresentados na forma de artigos científicos. Cada capítulo segue uma estrutura padronizada, composta por:

1. **Introdução específica** – delimitação do recorte temático e das questões norteadoras da etapa;
2. **Metodologia particular** – descrição minuciosa dos participantes, instrumentos, procedimentos e critérios de análise;
3. **Resultados** – apresentação sistemática dos dados coletados, por meio de quadros, tabelas, gráficos e análises estatísticas e/ou qualitativas;
4. **Discussão crítica** – interpretação dos resultados em diálogo com o estado da arte, examinando implicações para o ensino de eletroquímica em diferentes contextos educacionais;

5. **Conclusões parciais –** síntese dos avanços proporcionados por cada estudo e sua contribuição para o conjunto da investigação.

Os cinco artigos correspondem às cinco etapas metodológicas da pesquisa, abrangendo desde o diagnóstico inicial das dificuldades no ensino remoto de eletroquímica, passando pelo desenvolvimento e validação de um aplicativo e de um *website* educacionais, até sua aplicação prática em diferentes contextos da Educação Básica (escolas pública, privada e do campo) e a avaliação dos impactos na aprendizagem discente e na prática docente. Essa organização garante a progressão lógica e a articulação contínua entre os achados empíricos.

Após a exposição detalhada dos capítulos, as **Considerações Finais** sintetizam o desfecho do estudo, estabelecendo conexões entre os resultados e os objetivos inicialmente propostos, respondendo ao problema de pesquisa. A seção de **Divulgação Científica** apresenta as estratégias implementadas para ampliar o alcance do aplicativo educacional junto ao público-alvo (discentes e docentes da Educação Básica) e à comunidade em geral, por meio de uma metodologia multidimensional que inclui divulgação em instituições de ensino, campanhas em mídias sociais e comunicação dirigida por correio eletrônico.

As **Perspectivas Futuras** indicam possíveis direções e questões emergentes para investigações subsequentes, sugerindo aprofundamentos da temática. As **Referências** consolidam o arcabouço teórico que sustentou o planejamento, a execução e a análise crítica da pesquisa. Por fim, os **Anexos e Apêndices** reúnem documentos e materiais suplementares considerados relevantes para o desenvolvimento da investigação.

1 INTRODUÇÃO

A Química, enquanto ciência, está intrinsecamente presente no cotidiano dos discentes por meio de diversos produtos de uso doméstico. Entretanto, o conteúdo programático estabelecido pelas redes de ensino, regido por diretrizes educacionais, frequentemente se restringe à abordagem de fórmulas, reações e nomenclaturas. Essa abordagem descontextualizada dificulta que o discente perceba a conexão entre o conhecimento escolar e a sua realidade imediata (Gomes; Dionysio; Messeder, 2015). Nesse sentido, o uso de estratégias contextualizadas no ensino-aprendizagem para promover o desenvolvimento do conhecimento químico (Feu *et al.*, 2025), principalmente na Educação Básica, revela-se fundamental para a formação cidadã, capacitando os indivíduos a participarem de forma crítica nas discussões e decisões relacionadas à ciência e à tecnologia (Rosa, 2022).

Dentre os diversos tópicos da Química, a eletroquímica se destaca como uma área percebida pelos discentes como particularmente complexa e abstrata. Estudos indicam que uma das dificuldades concretas apontadas pelos discentes é a carência de recursos materiais nos laboratórios escolares, o que inviabiliza a experimentação e a visualização dos fenômenos (Dos Santos, 2015). Na perspectiva dos docentes, por sua vez, a dificuldade reside na complexidade inerente à transposição didática desses conceitos, que exigem elevado nível de abstração e habilidades pedagógicas específicas para serem assimilados no contexto apresentado (Da Silva *et al.*, 2021). Portanto, é imperativo que o docente esteja capacitado para planejar e ministrar aulas sobre esses temas da forma mais eficaz possível, mesmo diante da limitação de recursos materiais (Dos Santos, 2015).

Com a transição abrupta do ensino presencial para o remoto, imposta pela pandemia de COVID-19, é plausível supor que essas dificuldades no ensino e na aprendizagem da eletroquímica tenham sido acentuadas. Este agravamento decorre não apenas da falta de contato direto com o docente, mas também da dificuldade dos discentes em estabelecer uma rotina de estudos no ambiente familiar. Ademais, Silva, Sousa e De Menezes (2020) relatam uma série de problemas associados à inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no ensino remoto, incluindo o despreparo estrutural, operacional e econômico de discentes e seus responsáveis, bem como a adoção descontínua dessa modalidade de ensino em diferentes regiões do país.

O uso das TDICs na sociedade e, de modo particular, nas instituições de ensino, cresceu exponencialmente nos últimos anos (Guaita; Gonçalves, 2022), com ênfase no contexto do ensino remoto emergencial. Assim, sua incorporação ao contexto educacional "[...] deve ser

entendido como um processo dinâmico e que instiga muita reflexão" (Caliari; Zilber; Perez, 2017, p. 248). Dispositivos como *notebooks*, *tablets* e *smartphones* exemplificam ferramentas que podem potencializar o trabalho docente mediante o desenvolvimento de estratégias pedagógicas inovadoras e adaptadas às necessidades discentes. No cenário da pandemia, a integração dessas tecnologias tornou-se imprescindível, assegurando maior interação virtual e a continuidade dos processos de ensino e aprendizagem (Silva *et al.*, 2022).

A transposição de metodologias e práticas pedagógicas do ambiente presencial para o digital ocorreu de maneira abrupta e, em muitos casos, sem a capacitação adequada dos docentes. Essa mudança transformou docentes em produtores de conteúdo, por meio da gravação de videoaulas, e exigiu o uso imediato de plataformas de videoconferência para atividades síncronas (*Skype*, *Google Hangout*, *Zoom*) e de ambientes virtuais de aprendizagem para atividades assíncronas (*Moodle*, *Microsoft Teams*, *Google Classroom*). Diante desse cenário, torna-se evidente que a capacitação dos agentes educacionais, por meio de projetos de formação continuada e do domínio de recursos digitais, é essencial para consolidar uma educação digital de qualidade no período pós-emergencial (Moreira; Henriques; Barros, 2020).

Nesse contexto, a adoção de aplicativos e *websites* educacionais como estratégias pedagógicas surge como uma alternativa promissora para superar as dificuldades de ensino e aprendizagem relatadas por discentes de Química em todo o Ensino Médio (Almeida; Marcelino; Machado, 2020). A comunidade científica tem produzido estudos que evidenciam o potencial educacional de ferramentas virtuais no ensino de Química de modo geral, e da eletroquímica em particular. Exemplos incluem o aplicativo *Quiz Molecular* para o ensino de Química Orgânica (Silva; Loja; Pires, 2020), a criação de um *website* para o ensino de Química contextualizado e com experimentação (Santos; Homeniuk; Cardoso, 2014) e, especificamente para eletroquímica, o uso do simulador *online* "Metais em solução aquosa (reações de oxidação-redução)" (Gomes, 2020).

Não obstante os avanços, persistem lacunas significativas na literatura. A maioria dos recursos digitais existentes para o ensino de eletroquímica carece de avaliação sistemática de usabilidade e experiência do usuário, como o método robusto denominado “Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais” (MAAE) (De Oliveira; Leite, 2024), em contextos educacionais reais, especialmente considerando a diversidade de realidades escolares (pública, privada e do campo). Ademais, são escassos os estudos que envolvem o desenvolvimento e a validação de ferramentas educacionais digitais que funcionem *offline*, aspecto crucial para garantir equidade de acesso em regiões com pouca ou nenhuma conectividade. Além disso, há carência de pesquisas que investiguem comparativamente a eficácia desses recursos em

diferentes contextos educacionais, analisando não apenas o desempenho acadêmico, mas também o engajamento discente e as percepções docentes. Por fim, segundo Gaudêncio (2025), para a efetivação da prática de integração das tecnologias no contexto educacional exige-se um suporte sistêmico por meio de políticas públicas que priorizem a formação docente continuada e articulações institucionais, alinhando-se os conteúdos de Química às premissas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para uma educação contextualizada e cidadã.

Diante dessas lacunas, esta tese busca responder: De que maneira o desenvolvimento e a implementação de recursos educacionais digitais contextualizados — como um aplicativo *offline* e um *website* complementar — podem superar os obstáculos históricos e intensificados pelo ensino remoto no campo da eletroquímica, promovendo equidade no acesso e favorecendo uma aprendizagem significativa em diferentes realidades educacionais (públicas, privadas e do campo)? Derivam-se deste questionamento central as seguintes indagações: **1)** Em que medida a situação socioeconômica dos discentes influenciou negativamente o acesso às aulas virtuais de eletroquímica? **2)** Quais estratégias pedagógicas digitais podem ser concebidas para estimular a autonomia do estudante no processo de aprendizagem? **3)** O uso de ferramentas virtuais acessíveis e *offline* pode mitigar as dificuldades históricas de ensinar e aprender eletroquímica?

Para responder a tais questionamentos, esta pesquisa parte da seguinte hipótese orientadora do estudo, a qual foi construída a partir do diálogo com os participantes: O desenvolvimento de produtos educacionais digitais — aplicativos e *websites* — concebidos para funcionar *offline*, com conteúdos contextualizados, *design* atrativo e usabilidade funcional, constitui uma estratégia pedagógica eficaz para apoiar o ensino e a aprendizagem de eletroquímica na Educação Básica. Tais recursos podem promover equidade no acesso, favorecer aprendizagens significativas e se adaptar a diferentes modalidades (presencial, remoto e híbrido) e contextos educacionais (público, privado e do campo).

Embora o debate educacional frequentemente utilize os termos 'acesso digital', 'igualdade digital' e 'equidade digital' como sinônimos, a literatura especializada os distingue de forma substantiva. O **acesso digital** refere-se à disponibilidade de infraestrutura tecnológica (internet, dispositivos, *softwares*) e às condições básicas para que indivíduos possam utilizar ferramentas digitais (Van Dijk, 2020). Na educação inclui a oferta de computadores, conexão de qualidade e ambientes digitais acessíveis nas escolas. A limitação é que o acesso por si só não garante uso pedagógico efetivo; é necessário formação docente e integração curricular.

A **igualdade digital**, por sua vez, implica a oferta dos mesmos recursos, plataformas e conteúdos a todos os sujeitos, independentemente de suas condições de partida – uma

abordagem que, embora formalmente justa, frequentemente negligencia as disparidades contextuais e socioeconômicas (Bolívar, 2005). Em contraste, a **equidade digital** transcende a mera disponibilização de ferramentas, reconhecendo que diferentes grupos e indivíduos demandam suportes diferenciados para que possam não apenas acessar, mas também apropriar-se criticamente das tecnologias, desenvolvendo competências para participar plenamente da vida social, econômica e política (Torres; De Souza, 2026). Conforme definem Resta *et al*. (2018), a **equidade digital** envolve múltiplas dimensões: acesso físico, conteúdo significativo e culturalmente relevante, capacidade de criar e compartilhar informação, docentes capacitados e pesquisa aplicada. Selwyn (2017) complementa ao afirmar que a tecnologia educacional só promove equidade quando articula acesso, práticas pedagógicas intencionais e contexto social. É sob essa lente – da **equidade digital** como princípio estruturante – que a presente tese investiga o desenvolvimento e a implementação de ferramentas digitais *offline* e contextualizadas, buscando superar as limitações de uma abordagem meramente igualitária ou focada exclusivamente no acesso material.

Portanto, tendo por meta responder ao problema de pesquisa e verificar a hipótese destacada, apresentam-se, na sequência, o objetivo geral e os objetivos específicos delineados para esta tese.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar os impactos da implementação de recursos educacionais digitais (um aplicativo *offline* e um *website*) no processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica, analisando seu potencial para superar obstáculos históricos e intensificados pelo ensino remoto, e para promover equidade no acesso a uma aprendizagem significativa e contextualizada em diferentes realidades educacionais (pública, privada e do campo) no município de Itumbiara-GO.

1.1.2 Objetivos Específicos

i. Realizar uma revisão crítica e sistemática da literatura sobre o ensino de eletroquímica na Educação Básica, identificando os principais desafios enfrentados por docentes e discentes, bem como analisando a eficácia, as aplicações e as potencialidades das metodologias ativas propostas para superar essas dificuldades e promover uma aprendizagem significativa;

ii. Analisar os desafios e potencialidades inerentes ao processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica em modalidade remota, considerando as percepções de docentes e discentes da Educação Básica — das redes pública, privada e do campo — no município de Itumbiara-GO, e confrontando tais dados com a análise de documentos normativos institucionais, a exemplo dos Projetos Político-Pedagógicos (PPP) e regulamentos internos que orientaram a oferta do ensino remoto;

iii. Desenvolver e avaliar um aplicativo *offline* e um *website* como recursos educacionais em três escolas distintas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo). O objetivo foi promover um aprendizado autônomo, contextualizado e acessível, superando as limitações de ferramentas existentes e demonstrando a viabilidade das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no ensino híbrido, especialmente em regiões com pouca infraestrutura tecnológica;

iv. Submeter um aplicativo móvel e um *website*, concebidos como recursos educacionais digitais para o ensino de eletroquímica, a um processo de validação com docentes e discentes de três contextos escolares distintos (público, privado e do campo) que engloba: (i) a análise de usabilidade com o público-alvo; (ii) a avaliação da experiência do usuário; e (iii) o julgamento por especialistas quanto à coerência científica e à fundamentação pedagógica;

v. Avaliar os impactos da implementação dos recursos digitais - aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* - na participação discente e no desempenho escolar em eletroquímica de discentes oriundos de contextos educacionais diversos (público, privado e do campo) e em diferentes níveis da Educação Básica.

2 METODOLOGIA GERAL

A presente seção detalha o percurso metodológico adotado para operacionalizar a investigação e atingir os objetivos propostos, os quais foram estruturados de forma a garantir a clareza, a replicabilidade e o rigor científico do estudo.

2. 1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como uma investigação de **natureza qualitativa** (Lüdke; André, 2013), com ênfase na compreensão aprofundada dos fenômenos educacionais investigados e na interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos participantes. A abordagem qualitativa justifica-se pela necessidade de analisar as percepções, experiências e contextos dos atores envolvidos (docentes e discentes) em suas realidades específicas, indo além da mensuração de dados numéricos para captar a complexidade das interações entre sujeitos, ferramentas tecnológicas e processos de ensino-aprendizagem.

Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa classifica-se como **aplicada**, uma vez que visa gerar conhecimentos para a solução de problemas práticos do ensino de Química, com a produção de recursos educacionais digitais (aplicativo e *website* complementar) que possam ser utilizados em contextos escolares reais.

Quanto ao tipo de estudo, adotou-se o **estudo de caso múltiplo** (Gil, 2009; Carneiro, 2018), por permitir uma investigação empírica e aprofundada de um fenômeno contemporâneo (o uso de tecnologias digitais para o ensino de eletroquímica) em seu contexto de vida real. A escolha por múltiplos casos (três escolas: pública, privada e do campo) justifica-se pela possibilidade de comparar diferentes realidades educacionais no contexto do pós-pandemia, identificando convergências, divergências e especificidades que enriquecem a compreensão do fenômeno estudado. Essa abordagem, alinhada à perspectiva qualitativa, permite uma análise contextualizada e holística, valorizando as particularidades de cada instituição e de seus sujeitos.

Para complementar a compreensão dos impactos da intervenção didática, o estudo incorporou, em uma de suas etapas (Capítulo V), um delineamento **quase-experimental do tipo pré-teste e pós-teste sem grupo controle** (Campbell; Stanley, 1979), com a finalidade de analisar as variações no desempenho conceitual dos discentes após a utilização dos recursos educacionais digitais. Essa estratégia mista (qualitativa com componente quantitativo) permitiu tanto a mensuração de resultados de aprendizagem, quanto a interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos ao processo educativo mediado por tecnologias digitais.

2.2 CONTEXTO DO ESTUDO E ATORES SOCIAIS

2.2.1 Cenário da pesquisa

O delineamento inicial da pesquisa previa investigar o ensino remoto de Química em três realidades educacionais distintas – pública, privada e do campo – com ênfase na 2ª série do Ensino Médio, período em que o conteúdo de eletroquímica é sistematicamente abordado. Contudo, ao realizar o levantamento das escolas do município de Itumbiara-GO, verificou-se que a única instituição situada na zona rural oferta exclusivamente a Educação Infantil e o Ensino Fundamental, inviabilizando a participação de uma turma de 2ª série nesse contexto. Diante desse impasse metodológico, o escopo da pesquisa foi reconfigurado: a Escola do Campo passou a ser representada pelo 9º ano do Ensino Fundamental, enquanto as Escolas Pública e Privada foram contempladas pela 1ª série do Ensino Médio. Tal adequação garantiu a viabilidade da coleta de dados e preservou a comparabilidade entre os três ambientes. Assim sendo, a pesquisa foi conduzida nessas três instituições de ensino localizadas em Itumbiara-GO, na região sul do estado, as quais refletem diferentes matizes da realidade educacional local:

- **Escola Pública (EPu):** Uma escola pública federal, que oferta Ensino Médio integrado a cursos técnicos, como os de Química e Eletrotécnica. A instituição possui infraestrutura relativamente adequada, laboratórios de ciências e acesso à *internet*, embora tenha enfrentado desafios de conectividade durante o período da pesquisa. Sua experiência prévia com o uso da Plataforma Moodle no ensino híbrido representou um fator facilitador para a transição ao ensino remoto emergencial.
- **Escola Privada (EPr):** Uma instituição de ensino da rede privada, com turmas de Ensino Médio, localizada na zona urbana de Itumbiara. A escola apresenta melhor infraestrutura tecnológica e maior disponibilidade de recursos materiais em comparação com as escolas públicas. Contudo, durante a pesquisa, também enfrentou instabilidades na conexão de *internet*, o que impactou a realização de algumas atividades digitais. A instituição demonstrou agilidade na adaptação ao ensino remoto, internalizando a experiência em seu Projeto Político-Pedagógico (PPP 2022).
- **Escola do Campo (EC):** Uma escola pública municipal localizada na zona rural de Itumbiara, atendendo discentes do Ensino Fundamental. A instituição enfrenta desafios estruturais significativos, incluindo infraestrutura predial mais limitada, ausência de laboratórios de ciências e conectividade precária à *internet*, o que exigiu adaptações específicas durante a pesquisa, como o uso de materiais impressos e estratégias *offline*.

Apesar das dificuldades, a comunidade escolar demonstrou elevado engajamento e interesse pelas atividades propostas.

2.2.2 Participantes da pesquisa

A amostra da pesquisa foi composta por diferentes participantes ao longo das etapas metodológicas, conforme descrito a seguir:

- **Capítulo II (diagnóstico do ensino remoto):** Participaram 4 docentes (3 de Química e 1 de Ciências) e 81 discentes (12,7% do 9º Ano do Ensino Fundamental e 87,3% da 1ª Série do Ensino Médio), distribuídos entre as três escolas.
- **Capítulo III (intervenção didática):** Participaram 118 discentes (12,7% do 9° Ano do Ensino Fundamental e 87,3% da 1ª Série do Ensino Médio) e 4 docentes (3 com formação em Química – 1 mestre e 2 doutores – e 1 graduado em Biologia), provenientes das três instituições.
- **Capítulo IV (validação dos produtos educacionais):** Participaram 34 discentes (58,8% da EPu; 35,3% da EPr; 5,9% da EC) e 4 docentes (50% da EPu; 25% da EPr; 25% da EC).
- **Capítulo V (avaliação dos impactos na aprendizagem):** Participaram 81 discentes no pré-teste e 33 no pós-teste. A redução amostral nas etapas finais decorreu de fatores como evasão escolar, ausência nas aulas no momento da coleta final e dificuldades de acesso às ferramentas digitais, especialmente a instabilidade da conexão de *internet* oferecida pelas escolas.

Os critérios de inclusão para os participantes foram: (i) estar regularmente matriculado nas turmas envolvidas (discentes); (ii) atuar como docente de Ciências ou Química nas escolas participantes; (iii) concordar em participar voluntariamente da pesquisa, mediante assinatura dos termos de consentimento. Não houve critérios de exclusão específicos, exceto a não concordância com a participação.

O contato com as escolas e os participantes foi estabelecido por meio de reuniões preliminares com as direções escolares e os docentes regentes, nas quais foram apresentados os objetivos, os procedimentos e os aspectos éticos da pesquisa.

2.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A pesquisa utilizou uma variedade de instrumentos de coleta de dados, adaptados a cada etapa metodológica e selecionados para capturar diferentes dimensões do fenômeno investigado:

Análise documental: Realizou-se o levantamento e a análise crítica de documentos oficiais produzidos no contexto pandêmico, disponibilizados eletronicamente pelas diretorias das escolas. Foram analisados Projetos Político-Pedagógicos (PPPs), Projetos Pedagógicos de Cursos (PPCs), instruções normativas, resoluções, pareceres, decretos e guias de orientação que regulamentaram a implementação do ensino remoto emergencial. Levando-se em consideração o foco da metodologia de análise documental na pesquisa qualitativa (Lima Junior *et al*., 2021), o objetivo desta pesquisa foi compreender as ações institucionais e sua conformidade com as diretrizes legais, bem como identificar lacunas e especificidades de cada contexto.

Questionários eletrônicos: Foram elaborados questionários distintos para docentes e discentes, utilizando a plataforma *Google Forms*, em função da necessidade de coleta de dados de forma remota e eficiente, especialmente considerando o contexto pós-pandêmico.

- **Questionário I (QI) – diagnóstico do ensino remoto:** Aplicado a docentes (Apêndice E) e discentes (Apêndice D) para traçar um panorama dos impactos do Ensino Remoto Emergencial. Composto por 15 questões (objetivas e subjetivas), organizadas nas seguintes categorias: perfil socioprofissional/sociocultural; comparação entre aulas presenciais e remotas; plataformas digitais adotadas; capacitação docente; domínio de competências em informática; acesso a recursos e infraestrutura de conectividade; frequência de uso de aplicativos educacionais; e percepção sobre a relevância da escola.
- **Questionário II (QII) – validação dos produtos educacionais:** Aplicado para validação do aplicativo e *website* com discentes (Apêndice M) e docentes (Apêndice N). Cada questionário continha 15 questões (objetivas e subjetivas) que abordavam aspectos como *layout*, conteúdo, organização, linguagem, fonte, *design*, potencialidades, limitações, motivação para uso e funcionalidades das ferramentas.
- **Questionário de conteúdos de eletroquímica (pré e pós-teste):** Aplicado antes e após a intervenção (Apêndice O), composto por 15 questões (objetivas e subjetivas) que abrangeram conteúdos de Química Geral, competências e habilidades em eletroquímica, componentes de células galvânicas e eletrolíticas, reações de oxirredução no cotidiano, experimentação e descarte correto de pilhas e baterias.

Observação participante: Realizada pela pós-graduanda responsável pela realização da pesquisa durante as aulas da sequência didática, com registro de anotações em diário de

campo e registros fotográficos. O objetivo foi capturar o engajamento, a participação e as reações dos discentes às atividades propostas, complementando os dados obtidos pelos questionários.

Análise de plataformas digitais: Foram analisadas métricas de engajamento e desempenho dos discentes nas plataformas digitais utilizadas:

- ***Moodle:*** Análise da participação e do desempenho dos discentes em atividades como o *Desafio da Eletroquímica* e o *Quiz no Moodle*, permitindo mensurar a compreensão conceitual.
- ***WhatsApp:*** Análise da adesão e participação nos grupos de apoio criados para cada escola, indicando o nível de engajamento dos discentes.
- ***Instagram:*** Análise do engajamento com o perfil do projeto (@eletroquimicanocotidiano), como indicador de alcance e interesse público.
- ***Google Play* e *Apple Store*:** Análise dos dados de *download* do aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano*, para avaliar sua capilaridade e alcance.

Experimentação: Utilização de materiais alternativos e de baixo custo (atividade *Pilha de Limão com Moedas*) para a realização de atividades práticas durante a intervenção, com o objetivo de integrar teoria e prática e promover a construção ativa do conhecimento.

Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE): A validação dos produtos educacionais foi ancorada no MAAE, abrangendo três dimensões principais: Usabilidade, Experiência de Usuário e Princípios de Aprendizagem (julgamento por especialistas quanto à coerência científica e fundamentação pedagógica).

2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi desenvolvido em cinco etapas sequenciais e inter-relacionadas, descritas a seguir:

Capítulo I – Revisão sistemática da literatura: Condução de uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados *SciELO*, Periódicos CAPES, *Google* Acadêmico e *Web of Science*, com ênfase no periódico *Journal of Chemical Education* (JCE). Utilizaram-se descritores como "ensino de eletroquímica", "educação básica", "dificuldades de aprendizagem", "metodologias ativas", "experimentação no ensino de química", "tecnologias educacionais" e "aprendizagem significativa", interligados pelos operadores booleanos "*AND*" e "*OR*". O recorte temporal abrangeu de janeiro de 2020 a outubro de 2025, visando capturar a

produção científica do período pandêmico e pós-pandêmico. Foram estabelecidos critérios de inclusão (artigos empíricos ou teóricos, na íntegra, publicados em português, inglês ou espanhol, que abordassem explicitamente desafios e/ou estratégias de ensino para a eletroquímica na Educação Básica) e de exclusão (estudos focados no ensino superior, revisões sem análise crítica e artigos sem texto completo disponível). O processo de seleção resultou em um *corpus* de análise de 28 artigos, que foram categorizados e analisados por meio de análise de conteúdo temática, com foco em três eixos: desafios no ensino-aprendizagem, metodologias ativas propostas e evidências de eficácia.

Capítulo II – Diagnóstico do ensino remoto emergencial: Nesta etapa, procedeu-se à aplicação dos Questionários I (QI) para docentes e discentes via *Google Forms*, entre os meses de outubro e dezembro de 2022, nas três escolas investigadas. O objetivo foi levantar dados sobre os desafios e potencialidades do ensino remoto, considerando as percepções dos participantes. Paralelamente, realizou-se a análise dos instrumentos normativos (PPPs, PPCs, resoluções, decretos, etc.) que regulamentaram o ensino remoto em cada instituição, com o intuito de confrontar as percepções com as diretrizes institucionais.

Capítulo III – Intervenção didática: Esta etapa envolveu o planejamento e a execução de uma sequência didática sobre eletroquímica, fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos (3 MPs) – Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. A intervenção ocorreu em quatro encontros presenciais semanais, realizados entre outubro e dezembro de 2022, com duração média de 50 minutos por aula, conduzidos simultaneamente nas três escolas. A sequência didática caracterizou-se pela utilização de um aplicativo para *Android* (programado em *Java*/*Kotlin* no *Android Studio* e publicado na *Play Store*) e de um *website* complementar (elaborado na plataforma *Canva*) como ferramentas de apoio à aprendizagem. As atividades incluíram: *Concurso de Logomarca*, aulas dialogadas, experimentação com materiais alternativos e de baixo custo de aquisição (*Pilha de Limão com Moedas*), *Desafio da Eletroquímica* (interpretação de uma charge cômica envolvendo conceitos eletroquímicos) e atividades avaliativas na Plataforma *Moodle* (*Quiz no Moodle*). O processo contou com a participação ativa dos discentes, inclusive na escolha da logomarca, e com a colaboração dos docentes regentes, que acompanharam as aulas.

Capítulo IV – Validação dos produtos educacionais: A validação do aplicativo e *website* foi conduzida em dois momentos sequenciais. Inicialmente, em uma aula de 50 minutos, os participantes (discentes e docentes) interagiram com as ferramentas, sendo orientados a realizar o *download* do aplicativo (versão 2022), explorar sua navegabilidade e acessar o *website* complementar. Em seguida, responderam aos Questionários II (QII) de

validação, elaborados no *Google Forms*, que abordavam aspectos técnicos e pedagógicos, como *layout*, potencialidades, limitações e funcionalidades. Com base no *feedback* crítico recebido (especialmente a demanda por maior imersão, acessibilidade e disponibilidade para *iOS*), implementou-se uma atualização do aplicativo em 2025, incorporando melhorias como: funcionalidades de acessibilidade (transcrição texto-áudio e busca por termos); sistema de *Quiz* com *feedback* automático; tabela interativa de potenciais-padrão de redução; e animação interativa da Pilha de Daniell. A nova versão foi submetida e aprovada na *Apple Store*.

Capítulo V – Avaliação dos impactos da intervenção: Para avaliar os efeitos do uso dos recursos digitais na aprendizagem, aplicou-se o Questionário de conteúdos de eletroquímica em dois momentos distintos da sequência didática: (i) na segunda aula (pré-teste), correspondente à etapa de problematização inicial, para aferir os conhecimentos prévios dos discentes; e (ii) na quarta/quinta aula (pós-teste), correspondente à etapa de aplicação do conhecimento, para avaliar a progressão da aprendizagem após a intervenção com o aplicativo e *website*. Os dados foram coletados via *Google Forms* e armazenados automaticamente no *Google Drive*.

2.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados seguiu uma abordagem de métodos mistos, adaptada à natureza específica de cada instrumento:

Análise documental: Os documentos normativos foram sistematizados em um quadro comparativo (conforme apresentado no Capítulo II) e submetidos a uma análise crítica à luz da literatura especializada, buscando identificar as ações institucionais, suas lacunas e as especificidades de cada contexto.

Análise quantitativa: Os dados quantitativos obtidos por meio dos questionários eletrônicos (QI, QII e questionário de conteúdos) foram processados com o auxílio do *software Excel* 2019. Foram realizadas análises estatísticas descritivas, com cálculo de médias, percentuais e frequências das respostas, e representação gráfica em barras para facilitar a visualização e comparação dos resultados.

Análise qualitativa: As respostas às questões subjetivas dos questionários foram submetidas à análise de conteúdo temática (Lüdke, 2013). Os excertos mais relevantes foram selecionados e categorizados para uma discussão crítica, fundamentada no referencial teórico do estudo. Para o *Desafio da Eletroquímica*, especificamente, utilizou-se um esquema de codificação a priori, enraizado nos Três Momentos Pedagógicos e na Base Nacional Comum

Curricular (BNCC), priorizando três categorias: (i) identificação de conceitos de oxirredução; (ii) aplicação a situações cotidianas; e (iii) qualidade da argumentação científica.

Triangulação de dados: Os dados provenientes de diferentes fontes (questionários, observações participantes, análise de plataformas digitais e experimentação) foram integrados para alcançar uma triangulação abrangente de evidências, permitindo uma comparação robusta entre o desempenho mensurado e os dados observacionais. Essa estratégia garantiu maior validade e profundidade à interpretação dos resultados.

Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE): A validação dos produtos educacionais virtuais foi sistematicamente conduzida mediante a aplicação do MAAE (De Oliveira; Leite, 2024), abrangendo três dimensões principais:

1. **Usabilidade:** Avaliação da facilidade de navegação, intuitividade e clareza da interface;
2. **Experiência de Usuário:** Análise do grau de satisfação, engajamento e percepção de valor pelos usuários (docentes e discentes);
3. **Princípios de Aprendizagem:** Julgamento por especialistas (docentes das três escolas investigadas) quanto à coerência científica do conteúdo e sua fundamentação pedagógica, incluindo a análise da adequação da linguagem, alinhamento com os objetivos de aprendizagem, estímulo à resolução de problemas, fornecimento de *feedback* e aplicação da *Taxonomia Digital de Bloom*.

2.6 ASPECTOS ÉTICOS

Em observância às diretrizes éticas para pesquisas envolvendo seres humanos, o presente estudo obteve aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) sob o número de parecer 5.511.888 e Parecer Consubstanciado 8.164.845 (emenda do protocolo de pesquisa), conforme apresentado no Anexo A. O estudo atendeu integralmente às diretrizes da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Antes da coleta de dados, todos os participantes (docentes e discentes) e seus responsáveis legais (quando aplicável) foram informados sobre os objetivos, procedimentos e aspectos éticos da pesquisa. O consentimento foi formalizado por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndices A e B) e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice C), que detalharam as garantias de confidencialidade, o direito de desistência sem penalidades e o caráter voluntário da participação.

Para garantir o anonimato, todos os participantes (e instituições foram identificados por codificações (EPu, EPr, EC). As informações obtidas foram armazenadas em ambiente seguro

e de acesso restrito, sendo utilizadas exclusivamente para os fins desta pesquisa. O estudo foi classificado como de risco mínimo, uma vez que as atividades realizadas se assemelham a práticas pedagógicas usuais. Assegurou-se aos participantes que suas avaliações não acarretariam qualquer impacto em sua vida escolar ou relação institucional. A participação não gerou custos aos voluntários, e todos os dados foram tratados com confidencialidade e utilizados apenas para fins de divulgação científica.

3 RESULTADOS GERAIS

A presente tese estruturou-se em cinco etapas sequenciais de investigação, cada uma correspondendo a um capítulo específico, com o objetivo de abordar de forma abrangente os desafios e as possibilidades do ensino-aprendizagem de eletroquímica em contextos educacionais diversos, com ênfase no uso de tecnologias digitais gratuitas (aplicativo e *website* complementar) e de uso *offline* (apenas o aplicativo) como ferramentas de mediação pedagógica.

3.1 CAPÍTULO I - REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

A primeira etapa consistiu em uma revisão sistemática da literatura sobre o ensino de eletroquímica na Educação Básica, realizada com o intuito de mapear os principais desafios enfrentados por docentes e discentes, bem como analisar a eficácia das metodologias ativas propostas para superar essas dificuldades. A análise de publicações indexadas em bases como *SciELO*, CAPES e *Web of Science*, no período de 2020 a 2025 (durante e após a pandemia), evidenciou que as dificuldades mais prevalentes relacionam-se à natureza abstrata de conceitos nucleares (potencial de eletrodo, pilhas, eletrólise), à predominância de uma abordagem excessivamente pautada em cálculos e à percepção de desconexão com aplicações reais. Em contrapartida, identificou-se um *corpus* crescente de pesquisas que propõem metodologias ativas, tais como experimentação investigativa, aprendizagem baseada em problemas, utilização de simuladores computacionais, gamificação e incorporação de temas sociocientíficos.

3.2 CAPÍTULO II - ANÁLISE DOS DESAFIOS DO ENSINO REMOTO

A segunda etapa investigou os desafios e potencialidades inerentes ao processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica na modalidade remota, considerando as percepções de docentes e discentes da Educação Básica das redes pública, privada e do campo no município de Itumbiara-GO. Por meio da aplicação de questionários eletrônicos a 4 docentes e 81 discentes, bem como da análise de documentos normativos institucionais, os resultados atestaram a gravidade do cenário: 63% dos discentes das três escolas investigadas avaliaram negativamente as aulas remotas de Ciências/Química, apontando a falta de concentração no ambiente domiciliar como principal empecilho. Os desafios mostraram-se mais pronunciados na Escola do Campo, onde se verificou carência acentuada de capacitação docente e suporte técnico. A análise documental revelou que as respostas institucionais foram moldadas pela

capacidade de mudança de cada instituição: enquanto a Escola Pública geriu a crise por meio de uma normatização contínua e burocrática, a Escola Privada demonstrou maior agilidade ao internalizar a experiência em seu Projeto Político-Pedagógico, e a Escola do Campo teve suas especificidades do contexto rural negligenciadas por diretrizes centralizadas.

3.3 CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO, AVALIAÇÃO E APLICAÇÃO DOS RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A terceira etapa consistiu no desenvolvimento e avaliação de um aplicativo *offline* e um *website* complementar como recursos educacionais para o ensino de eletroquímica, implementados em três escolas distintas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo). A sequência didática, fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos (Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento), foi aplicada em cinco aulas presenciais entre outubro e dezembro de 2022, envolvendo 118 discentes e 4 docentes. Os resultados indicaram que a vinculação de experimentos de baixo custo — como pilhas caseiras — com desafios digitais contextualizados aumentou significativamente o engajamento, especialmente nos contextos Público e Rural, onde 86% destes discentes concluíram as tarefas. Em relação à compreensão conceitual, a transição da problematização para a organização do conhecimento resultou em ganhos mensuráveis, com 50% dos discentes da Escola Pública dominando a avaliação final (*Quiz no Moodle*). O aplicativo na versão 2025 alcançou 31.721 instalações totais (*Android* e *iOS*), evidenciando sua capilaridade e relevância no ensino de Química.

3.4 CAPÍTULO IV - VALIDAÇÃO DOS RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS

A quarta etapa submeteu o aplicativo móvel e o *website* a um rigoroso processo de validação com docentes e discentes dos três contextos escolares distintos, abrangendo: (i) análise de usabilidade com o público-alvo; (ii) avaliação da experiência do usuário; e (iii) julgamento por especialistas das próprias escolas investigadas quanto à coerência científica e à fundamentação pedagógica, ancorado no Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE). Participaram do procedimento avaliativo 34 discentes e 4 docentes. Os resultados atestaram a receptividade positiva dos participantes, que destacaram a alta usabilidade, a relevância pedagógica e o potencial de engajamento das ferramentas. As contribuições críticas, particularmente no que tange à necessidade de maior imersão no aplicativo, foram metodicamente incorporadas em uma atualização realizada em 2025, que integrou funcionalidades de acessibilidade (transcrição texto-áudio e busca por termos), um sistema de

Quiz com *feedback* automático, uma tabela interativa de potenciais-padrão de redução e uma animação interativa da Pilha de Daniell.

3.5 CAPÍTULO V - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA APRENDIZAGEM DISCENTE

A quinta e última etapa avaliou os impactos da implementação dos recursos educacionais digitais — aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* — na participação discente e no desempenho escolar em eletroquímica de discentes oriundos dos três contextos educacionais. Por meio da aplicação de um questionário de 15 itens em dois momentos distintos (pré e pós-intervenção), os resultados indicaram uma melhora quantitativa considerável nos resultados do questionário pós-intervenção em todos os três contextos educacionais, com ganhos mais notórios observados nas escolas pública e privada. Qualitativamente, os discentes relataram maior motivação e uma compreensão mais clara dos conceitos abstratos, uma vez que os recursos digitais vincularam com sucesso os princípios eletroquímicos a fenômenos do cotidiano. Na Escola Pública, observou-se um engajamento substantivo em todo o escopo de atividades, com 50% de acerto no *Quiz no Moodle*. Os discentes da Escola do Campo, apesar das dificuldades de aprendizagem associadas a defasagens curriculares prévias, apresentaram maior engajamento nas atividades práticas (experimentação e uso das ferramentas digitais).

3.6 SÍNTESE DOS RESULTADOS GERAIS

A pesquisa demonstrou que a complexidade dos desafios inerentes ao ensino remoto, por manifestar-se de forma heterogênea, tende a intensificar disparidades educacionais pré-existentes. Contudo, os recursos educacionais digitais desenvolvidos — concebidos mediante abordagem contextualizada e submetidos a rigoroso processo de validação — configuram-se como estratégias pedagógicas promissoras para mitigação de lacunas de aprendizagem em eletroquímica. Tais ferramentas demonstraram potencial para catalisar o engajamento discente, fomentar autonomia e indicar trajetórias exequíveis para promoção de equidade educacional em contextos diversificados, com especial relevância para cenários de carência infraestrutural. O legado da pesquisa aponta para a transformação da experiência emergencial em progresso duradouro, mediante o investimento contínuo em recursos digitais embasados e na capacitação docente para uma implementação crítica.

3.1 CAPÍTULO I - ELETROQUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Uma revisão crítica dos desafios e metodologias ativas empregadas[3]

[3] Conforme esclarecido na Apresentação da Tese, este capítulo segue o formato de manuscrito para submissão.

ELETROQUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Uma revisão crítica dos desafios e metodologias ativas empregadas

ELECTROCHEMISTRY IN BASIC EDUCATION: A critical review of challenges and active methodologies employed

Maraína Medeiros Fernandes
Fábio Augusto Amaral
Sheila Cristina Canobre

RESUMO

A eletroquímica é frequentemente caracterizada na literatura e no contexto escolar como uma das áreas de maior complexidade e abstração para os discentes da Educação Básica. Nesta perspectiva, o presente estudo consiste em uma revisão crítica e sistemática da literatura, com o objetivo de mapear e analisar os principais obstáculos inerentes ao processo de ensino e aprendizagem de conceitos fundamentais da eletroquímica, além de investigar as metodologias ativas propostas para mitigá-los. A análise de produções científicas indexadas em bases como SciELO, CAPES e Web of Science, publicadas entre 2020 e 2025, evidencia que as dificuldades mais prevalentes relacionam-se à natureza abstrata de conceitos nucleares (ex., potencial de eletrodo, pilhas, eletrólise), à predominância de uma abordagem excessivamente pautada em cálculos e à percepção de desconexão com aplicações reais. Em contrapartida, identifica-se um corpus crescente de pesquisas que propõem e avaliam a implementação de metodologias ativas, tais como experimentação investigativa, aprendizagem baseada em problemas, utilização de simuladores computacionais e outras ferramentas digitais (aplicativos e *websites*), gamificação e a incorporação de temas sociocientíficos. Conclui-se que tais estratégias, quando adequadamente planejadas, demonstram potencial significativo para fomentar uma aprendizagem mais significativa, contextualizada e crítica, superando a hegemonia da abordagem expositivo-memorística. O estudo reforça, outrossim, a imprescindibilidade de investir na formação docente para a efetiva implementação dessas práticas pedagógicas inovadoras.

PALAVRAS-CHAVE:

Eletroquímica; Dificuldades de Aprendizagem; Metodologias Ativas; Educação Básica; Revisão Sistemática.

ABSTRACT

Electrochemistry is often characterized in the literature and in the school context as one of the most complex and abstract areas for students in Basic Education. In this context, the present study is a critical and systematic literature review which aims to map and analyze the main obstacles inherent to the teaching and learning process of fundamental electrochemical concepts, and to investigate the active methodologies proposed to mitigate them. The analysis of scientific publications indexed in databases such as SciELO, CAPES, and Web of Science, published between 2020 and 2025, reveals that the most prevalent difficulties are related to the abstract nature of core concepts (e.g., electrode potential, cells, electrolysis), an over-reliance

on mathematical formalism, and the perception of a disconnection from real-world applications. Conversely, a growing body of research proposes and evaluates the implementation of active methodologies, such as inquiry-based experimentation, problem-based learning, the use of computer simulators and other digital tools (apps and websites), gamification, and the incorporation of socio-scientific issues. The analysis concludes that such strategies, when properly planned, demonstrate significant potential to foster more meaningful, contextualized, and critical learning, overcoming the hegemony of the expository and memorization-centric approach. This study also underscores the critical need to invest in teacher training for the effective implementation of these innovative pedagogical practices.

KEYWORDS:

Electrochemistry; Learning Difficulties; Active Methodologies; Basic Education; Systematic Review.

RESUMO GRÁFICO



3.1.1 Introdução

A eletroquímica constitui um pilar fundamental do conhecimento químico, explicando fenômenos que vão desde o funcionamento de baterias em dispositivos portáteis essenciais (Turner *et al.*, 2024) até processos corrosivos de materiais e de conversão/armazenamento de energia solar (Christensen; Hamnett, 1994). Sua presença ubíqua na sociedade moderna permeia tecnologias cruciais para comunicação, transporte e saúde, destacando-se também em uma frente ambiental de extrema urgência: o combate às mudanças climáticas, que depende diretamente de avanços em pesquisa eletroquímica para a descarbonização da economia (Turner *et al.*, 2023). Contudo, e apesar de sua relevância incontestável, o ensino da eletroquímica na

Educação Básica tem sido historicamente marcado por obstáculos significativos, o que a tornou uma das áreas de maior resistência e desinteresse por parte dos discentes.

A natureza abstrata de conceitos fundamentais da eletroquímica — como o potencial padrão de eletrodo, a mobilidade iônica em solução, a espontaneidade de reações de oxirredução e a distinção entre células galvânicas (Supasorn, 2015) e eletrolíticas (Holmes-Gentle *et al.*, 2025) — demanda um significativo grau de raciocínio abstrato por parte dos discentes. Diante dessa complexidade, o ensino tradicional frequentemente adota uma abordagem excessivamente teórica e matematizante, centrada na aplicação de fórmulas e na memorização de semirreações. Consequentemente, tal metodologia tende a ofuscar a compreensão conceitual profunda e a relevância fenomenológica desses conteúdos fundamentais. Portanto, a consolidação dos conteúdos teóricos com a realização de atividades experimentais pode motivar e auxiliar na aprendizagem dos discentes (Diniz; Silva; Alves, 2020).

Diante desse cenário, impõe-se a necessidade de reavaliação das práticas pedagógicas convencionais. Nesse sentido, as metodologias ativas de aprendizagem configuram-se como um paradigma educacional promissor, ao deslocar o eixo do processo educacional para o discente, tornando-o agente central na construção do conhecimento (Soares *et al.*, 2023). Por meio de estratégias como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (Varadarajan; Ladage, 2024), a Experimentação Investigativa ou Aprendizagem Baseada na Investigação (Nzomo *et al.*, 2023; Wang *et al*., 2025) e a integração de tecnologias digitais e simulações (Berdi *et al.*, 2025) no ensino de Química, objetiva-se fomentar um engajamento discente mais profundo e, consequentemente, uma aprendizagem significativa, nos moldes teorizados por Ausubel (2003).

Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivo geral proceder a uma revisão sistemática e crítica da literatura concernente ao ensino de eletroquímica na Educação Básica. Busca-se, especificamente, identificar os entraves enfrentados por docentes e discentes, bem como examinar a eficácia, as aplicações e as potencialidades das metodologias ativas empregadas para mitigar tais dificuldades.

3.1.1.1 Desafios do ensino de eletroquímica no Ensino Médio

A eletroquímica, subárea da Físico-Química consolidada entre os séculos XVI e XVII, dedica-se ao estudo de processos reacionais que envolvem transferência eletrônica, convertendo energia química em energia elétrica – por meio de reações espontâneas de oxirredução – ou

transformando energia elétrica em energia química, nos processos de eletrólise, que são não espontâneos (Araújo *et al.*, 2021).

As reações de oxirredução, caracterizadas pela transferência de elétrons entre as espécies químicas, constituem a base de diversos fenômenos naturais e tecnológicos, como combustão, fotossíntese, respiração e corrosão. Além disso, tais reações são fundamentais para a compreensão de processos bioquímicos e industriais, bem como para a geração e medição de propriedades elétricas a partir de transformações químicas (Atkins, 2011). Por outro lado, a eletrólise envolve reações de oxidação e redução não espontâneas, induzidas em células eletrolíticas por meio de uma fonte externa de energia elétrica. Um exemplo de relevância econômica é a produção conjunta de cloro e soda cáustica por eletrólise de solução aquosa de cloreto de sódio, cujos produtos são amplamente utilizados no tratamento de água, na síntese de defensivos agrícolas e no branqueamento de polpas para fabricação de papel (Sartori *et al.*, 2013).

Em diversos contextos educacionais, observa-se que os discentes convivem cotidianamente com dispositivos eletrônicos cujo funcionamento se baseia em princípios eletroquímicos. No entanto, frequentemente não estabelecem relações entre os conceitos abordados na Educação Básica – como as reações de oxirredução e a eletrólise – e o funcionamento desses sistemas de armazenamento de energia. Essa desconexão decorre, em grande parte, de metodologias de ensino-aprendizagem pautadas em abordagens tradicionais e descontextualizadas, as quais dificultam a associação e interpretação dos conceitos eletroquímicos em relação aos fenômenos e processos químicos presentes no cotidiano dos discentes (Medeiros; Silva Júnior, 2021).

No campo da Educação em Química, uma das dificuldades recorrentes apontadas por Vieira *et al*. (2021) refere-se à compreensão da distinção entre os níveis **macroscópico** e **microscópico** das transformações químicas. Essa diferenciação é essencial para que os discentes consigam relacionar o que observam diretamente com os processos invisíveis que ocorrem em escala atômico-molecular.

O nível macroscópico refere-se ao que pode ser percebido pelos sentidos humanos ou por instrumentos simples de observação. Nesse nível, os discentes identificam mudanças visíveis, como alteração de cor, formação de precipitados, desprendimento de gases ou variação de textura. Exemplos: Na corrosão de um prego de ferro, observa-se a formação de ferrugem, caracterizada por mudança de cor (avermelhada) e textura (superfície áspera). Na Pilha de Daniell, nota-se a geração de corrente elétrica e a dissolução gradual do eletrodo de zinco.

O nível microscópico refere-se às transformações que ocorrem em escala atômica e molecular, invisíveis a olho nu. Nesse nível, são descritas as transferências de elétrons, a formação de íons e as interações entre partículas. Exemplo: Na corrosão do ferro, o ferro metálico (Fe^0) perde elétrons, oxidando-se a íons Fe^{2+}ou Fe^{3+}, enquanto o oxigênio (O_2) do ar recebe esses elétrons, reduzindo-se a íons óxido (O^{2-}). Na Pilha de Daniell, ocorre a oxidação do zinco ($Zn^0 \rightleftharpoons Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^-$) e a redução dos íons cobre ($Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu^0$), sendo que a ponte salina mantém o equilíbrio iônico do sistema.

O nível representacional atua como mediador entre os dois níveis anteriores. Inclui o uso de equações químicas, diagramas, modelos simbólicos e notações que permitem traduzir os processos microscópicos em representações compreensíveis (Johnstone, 2000). Exemplo: as semirreações da Pilha de Daniell podem ser representadas simbolicamente como:

- Oxidação: $Zn^0 \rightleftharpoons Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^-$
- Redução: $Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu^0$

Diante do exposto, torna-se premente a realização de pesquisas no campo do ensino de eletroquímica que promovam transformações no processo educativo por meio do uso estratégico de recursos didáticos digitais – como aplicativos e plataformas *online* –, tema central do presente estudo. Paralelamente, Delamuta *et al.* (2021) ressaltam a necessidade de investimentos na formação inicial e continuada de docentes, a fim de capacitar esses profissionais para a implementação eficaz de tais ferramentas tecnológicas em suas práticas pedagógicas, tornando o ensino mais significativo e contextualizado para os discentes.

3.1.1.2 Recursos didáticos digitais e o ensino de eletroquímica

A Química, de modo geral, é comumente percebida pelos discentes como uma disciplina de difícil compreensão, não obstante suas múltiplas aplicabilidades no cotidiano. Especificamente, os conteúdos de eletroquímica são majoritariamente encarados como temática complexa e desestimulante (Ferreira; Gonçalves; Salgado, 2021). Uma das dificuldades concretas que comprometem a assimilação desses conhecimentos é a carência de recursos materiais nos laboratórios de Química das instituições de ensino. Diante desse cenário, torna-se imprescindível que o educador possua capacitação adequada para planejar aulas sobre tais assuntos da forma mais eficaz, mesmo ante a limitação de infraestrutura (Santos, 2015).

Sob a ótica docente, certos conceitos eletroquímicos apresentam desafios para assimilação devido à sua natureza complexa e abstrata, demandando dos profissionais habilidades aprimoradas para realizar a transposição didática (Silva *et al.*, 2021). Ademais, com a transição do ensino presencial para o remoto, tais dificuldades podem ter sido intensificadas,

tanto pela ausência do contato direto com o docente, quanto pela incapacidade do discente em estabelecer uma rotina de estudos no ambiente doméstico.

Considerando o engajamento dos jovens com as tecnologias contemporâneas, Silva, Loja e Pires (2020) desenvolveram um aplicativo gratuito para dispositivos móveis sobre Química Orgânica, direcionado a discentes do Ensino Médio. Conforme relatos dos autores, o *Quiz Molecular* incrementou a qualidade do processo de ensino-aprendizagem tanto para discentes, quanto para futuros licenciandos em Química, indicando seu potencial como ferramenta pedagógica dinamizadora.

De forma análoga, Santos, Homeniuk e Cardoso (2014) elaboraram um *website* como estratégia auxiliar e alternativa para o ensino de Química em um colégio público de Curitiba-PR. A ferramenta foi empregada em atividades em sala de aula para discutir experimentação e Química cotidiana, sendo subsequentemente avaliada por discentes e docentes. Os resultados apontaram que o *site* foi considerado uma estratégia pedagógica eficaz, além de um recurso educacional complementar no processo de ensino-aprendizagem.

Em outra iniciativa, Estevão (2019) propôs o desenvolvimento de uma plataforma educacional virtual – *WebQui* – destinada a subsidiar a atuação docente mediante a oferta sistematizada de *softwares*, roteiros, simulações e fontes contextuais articuladas a conceitos químicos. Conforme a autora, uma versão preliminar do *website*, aplicada com discentes da 1ª Série do Ensino Médio e docentes de Química, demonstrou potencial para fortalecer o processo de ensino-aprendizagem, destacando-se pela eficiência e relevância do produto virtual.

No que tange a pesquisas sobre o ensino de eletroquímica por meio de recursos didáticos diversificados, observa-se uma ampla gama de estratégias, que abrangem desde a experimentação baseada em demonstração, investigação e problematização até o uso de materiais didáticos e simuladores. Segundo Vieira *et al.* (2021), tais estratégias visam motivar o discente e despertar seu interesse pela Ciência. Os autores ressaltam ainda que associar símbolos convencionais à elaboração de representações visuais pelos discentes pode constituir uma estratégia promissora para facilitar a compreensão de conceitos complexos inerentes à eletroquímica.

Com o intuito de promover a aprendizagem significativa de eletroquímica entre discentes do Ensino Médio, Gomes (2019) empregou um simulador computacional (PhET) para auxiliar a prática pedagógica de forma colaborativa. Inicialmente, o autor mapeou os conhecimentos prévios dos discentes acerca de conceitos químicos e eletroquímicos, para então utilizar o simulador em uma sequência didática de 10 encontros. Na primeira simulação, os discentes montaram uma célula galvânica e determinaram os potenciais de oxidação e redução

dos metais envolvidos (cobre, prata e zinco). Na segunda, observaram virtualmente o processo de eletrodeposição de metais em meio aquoso. De acordo com o autor, constatou-se uma evolução conceitual dos discentes ao longo da sequência, sublinhando a importância do uso operacional e pedagógico do simulador aliado à abordagem teórica.

Em contrapartida, Schettino e Mendes (2021) investigaram a construção de jogos computacionais para verificar se a aprendizagem significativa de eletroquímica é favorecida no contexto digital (animação interativa). Para tanto, os autores envolveram ativamente discentes da 3ª Série do Ensino Médio de uma escola pública na elaboração de jogos educativos (perguntas e respostas, memória e marque a opção correta), utilizando a ferramenta PowerPoint e conceitos eletroquímicos, especialmente fenômenos de óxido-redução. Conforme os pesquisadores, a construção colaborativa dos jogos pelos discentes promoveu maior interação social e elevou a autoestima dos discentes, além de potencializar a aprendizagem desses conceitos de forma significativa e lúdica.

Nesse contexto, percebe-se uma escassez de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de ferramentas virtuais (*apps* e *websites*) sobre o ensino contextualizado de eletroquímica. Em contraste, observam-se aplicativos na *Google Play Store* com conteúdos generalizados (Química geral) e apenas dois *apps* específicos sobre eletroquímica – um referente a livros da área e outro com abordagem simplista de conceitos eletroquímicos. Já na plataforma Apple Store, nenhum aplicativo educacional sobre conceitos fundamentais de eletroquímica foi encontrado. Diante dessa realidade, a presente pesquisa motivou-se a investigar os desafios do ensino-aprendizagem de eletroquímica na Educação Básica e quais metodologias ativas são empregadas pela literatura para mitigá-los, a fim de fomentar o desenvolvimento de novas pesquisas nessa área específica da Química e amparada por tecnologias digitais.

3.1.2 Metodologia

Do ponto de vista metodológico, esta pesquisa configura-se como uma revisão sistemática, seguindo um protocolo estruturado de busca e seleção para garantir transparência e replicabilidade. O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados *SciELO*, Periódicos CAPES, *Google* Acadêmico e *Web of Science* (com ênfase no periódico *Journal of Chemical Education* - JCE). O recorte temporal, que abrange de janeiro de 2020 a outubro de 2025, visa capturar a produção científica do período pandêmico e pós-pandêmico, permitindo examinar se emergiram avanços a partir do uso constante de tecnologias digitais no ensino de Química, tanto no contexto doméstico (remoto), quanto no ambiente escolar tradicional (presencial).

Para a execução da busca, utilizaram-se os seguintes descritores, interligados pelos operadores booleanos “AND” e “OR”: "ensino de eletroquímica", "educação básica", "dificuldades de aprendizagem", "metodologias ativas", "experimentação no ensino de química", "tecnologias educacionais" e "aprendizagem significativa". Estabeleceram-se como critérios de inclusão artigos empíricos ou teóricos, na íntegra, publicados em português, inglês ou espanhol, que abordassem explicitamente os desafios e/ou estratégias de ensino para a eletroquímica no contexto da Educação Básica. Por outro lado, foram excluídos estudos experimentais focados no ensino superior, revisões de literatura que não apresentassem uma análise crítica e artigos cujo texto completo não estava disponível.

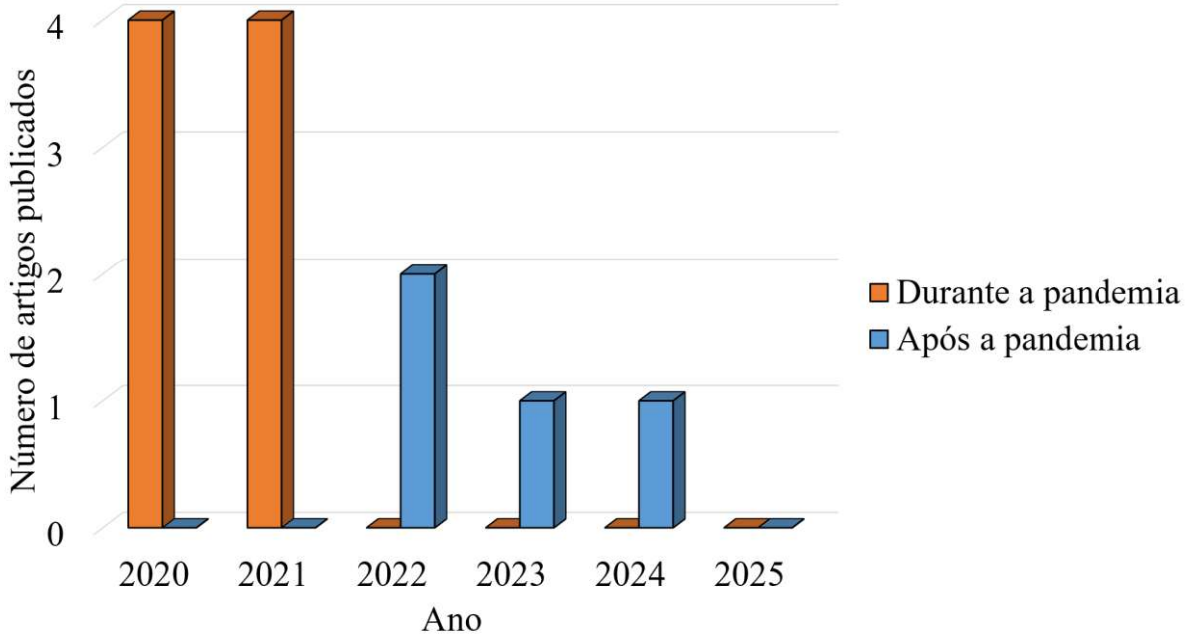
O processo de seleção resultou em um corpus de análise de 28 artigos, que foram subsequentemente categorizados e analisados por meio de análise de conteúdo temática, com foco nos eixos: **(i) os desafios e obstáculos** reportados na implementação de tecnologias educacionais; **(ii) as estratégias/técnicas, metodologias ativas e recursos/instrumentos** de ensino propostas ou validadas; e **(iii) as evidências de eficácia** ou impacto didático-pedagógico dessas intervenções, conforme mensurado ou discutido pelos estudos. A organização e interpretação dos dados com base nestes três eixos analíticos predefinidos foi fundamental para a categorização dos resultados obtidos.

3.1.3 Revisão de literatura e discussão

3.1.3.1 Os principais desafios no ensino e aprendizagem de eletroquímica

A análise inicial do período de 2020 a 2025, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão predefinidos, resultou na seleção final de 12 publicações, abrangendo estudos teóricos e empíricos. O perfil temporal destas produções sugere a influência da pandemia de COVID-19 na dinâmica de pesquisa acerca dos desafios de ensino e aprendizagem em eletroquímica, evidenciada por um pico de publicações concentrado nos anos de 2020 e 2021, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Número de publicações sobre os desafios do ensino-aprendizagem de eletroquímica durante a pandemia e após a pandemia.



Fonte: Autoria própria (2026).

A análise dos dados coletados evidencia uma convergência nos desafios enfrentados pelos estudantes, que podem ser organizados em três eixos principais:

◇ **Eixo conceitual** – A abstração inerente a conceitos fundamentais, como elétron e campo elétrico, constitui a principal barreira à aprendizagem. Essa dificuldade compromete a visualização dos processos que ocorrem nos eletrodos e na ponte salina, favorecendo a consolidação de concepções alternativas persistentes e resistentes à mudança.

◇ **Eixo didático** – Observa-se a predominância de uma abordagem pedagógica tradicional, centrada em aulas expositivas e na resolução de exercícios numéricos descontextualizados. Tal prática, amplamente criticada na literatura, tende a reforçar a memorização mecânica em detrimento da compreensão significativa, limitando o desenvolvimento de competências analíticas e críticas.

◇ **Eixo contextual** – A desconexão entre os conceitos eletroquímicos e suas aplicações tecnológicas e sociais emerge como fator determinante para a falta de engajamento discente. A ausência de vínculos entre teoria e prática contribui para a percepção de irrelevância do conteúdo, reduzindo a motivação e o interesse pela disciplina.

Considerando esses três eixos, o Quadro 1 sintetiza as principais publicações identificadas nas bases de dados no período selecionado, permitindo visualizar como a literatura tem abordado tais desafios e quais estratégias têm sido propostas para superá-los.

Quadro 1: Principais contribuições científicas selecionadas que relatam sobre os desafios do ensino-aprendizagem de eletroquímica na Educação Básica.

Descritores	**Dimensões**			**Total de publicações selecionadas**
	Conceitual	**Didática**	**Contextual**	
Ensino de eletroquímica Educação Básica Dificuldades de aprendizagem	**7 artigos** (Ferreira; Gonçalves; Salgado, 2021; Diniz; Silva; Alves, 2020; Ferraz Filha; De Oliveira; Fonseca, 2020; Vieira *et al*., 2021; Da Silva *et al*., 2021; Da Silva; Ferri, 2020; Rodrigues; Gibin, 2020).	**4 artigos** (Krushinski; Clarke; Dick, 2024; Grahall; Fernandez; Nogueira, 2021; Lima; Da Silva; Alencar, 2023; Souza; Pires Neto; Da Silva, 2020).	**2 artigos** (Pinheiro; Soares, 2022; Leite; Soares, 2022).	**12 publicações**

Fonte: Autoria própria (2026).

Analisando a **dimensão conceitual**, é possível observar que a principal barreira para a compreensão dos fenômenos eletroquímicos reside na natureza abstrata de entidades fundamentais, como o elétron e o campo elétrico. Essa abstração gera uma dificuldade generalizada entre os discentes em visualizar processos submicroscópicos que ocorrem nos eletrodos e na ponte salina, conforme apontado por Rodrigues e Gibin (2020), que identificaram um conhecimento superficial sobre o funcionamento em nível atômico-molecular. Tal deficiência conceitual culmina na formação de concepções alternativas robustas, como a ideia de que a corrente elétrica flui no mesmo sentido dos elétrons em uma pilha. Essa dificuldade de diferenciação entre os níveis macroscópico e microscópico é ampliada pela carência de um vocabulário específico e pela incapacidade de empregar conceitos-chave, como transferência de elétrons e potencial de redução, em suas interpretações (Vieira *et al.*, 2021).

Do ponto de vista do ensino, as dificuldades são agravadas por abordagens pedagógicas que nem sempre são eficazes. Ferreira, Gonçalves e Salgado (2021) destacam que os obstáculos no processo de ensino estão correlacionados ao uso de um vocabulário inadequado pelo professor, à presença de erros conceituais durante a explicação e a uma ênfase excessiva na resolução quantitativa de exercícios. Essa abordagem, frequentemente associada a uma linguagem inexpressiva em livros didáticos, prioriza a memorização de regras—como as técnicas para balanceamento de reações de oxirredução—em detrimento de uma compreensão significativa. Como consequência, conceitos fundamentais como oxidação, redução e a

variação de potencial não são assimilados de forma adequada, ficando restritos a uma mera apresentação de metais e suas soluções (Silva; Ferri, 2020).

O período pandêmico, por exemplo, consolidou o YouTube como um recurso pedagógico alternativo para o ensino de eletroquímica. Não obstante sua acessibilidade e amplitude de conteúdos, a plataforma frequentemente veicula videoaulas caracterizadas por imprecisões conceituais, inconsistências terminológicas e emprego limitado de recursos didáticos — tais como animações gráficas e experimentos demonstrados com mediação explicativa. Conforme evidenciado pelo estudo de Ferraz Filha, De Oliveira e Fonseca (2020), a eficácia do aprendizado via YouTube mostrou-se relativamente baixa, com avanços modestos na compreensão conceitual em eletroquímica, agravada pela perpetuação de equívocos em canais de grande audiência. Diante disso, conclui-se que, embora possa atuar como ferramenta complementar, sua utilização demanda mediação docente, por meio da curadoria criteriosa de materiais, análise crítica de acertos e falhas presentes nos vídeos e, quando possível, da produção de conteúdos próprios que integrem rigor científico a abordagens pedagógicas diversificadas e intencionais.

A superação desses desafios exige a implementação de estratégias didáticas que transcendam a aula expositiva tradicional. Diniz, Silva e Alves (2020) demonstram que a utilização de kits experimentais sobre pilhas comerciais e células galvânicas, quando associada a metodologias ativas como a aprendizagem cooperativa (método *jigsaw*, por exemplo), possibilita um ensino mais eficaz das células galvânicas. A mediação do docente durante a experimentação é crucial para que os discentes, que inicialmente podem apresentar dificuldades, desenvolvam domínio sobre os conceitos explorados. Essa abordagem prática e colaborativa não apenas facilita a visualização dos processos, mas também promove uma assimilação mais segura e eficiente do conteúdo, ajudando a construir pontes entre a abstração conceitual e suas aplicações, tornando a aprendizagem da Eletroquímica mais significativa.

Em se tratando da **dimensão didática**, a pedagogia tradicional frequentemente adotada no ensino de eletroquímica é alvo de críticas consistentes na literatura. Esse modelo, que se caracteriza pela instrução direta—centrada em aulas expositivas e na resolução de exercícios numéricos descontextualizados—, prioriza a memorização de regras em detrimento de uma compreensão conceitual profunda (Souza; Pires Neto; Da Silva, 2020). Como resultado, o conteúdo torna-se árido e desmotivador para os discentes. Krushinski, Clarke e Dick (2024) corroboram essa visão ao afirmar que, quando a eletroquímica é finalmente introduzida, no Ensino Médio ou na graduação, os métodos pedagógicos são frequentemente limitados a essa

forma de instrução direta, o que restringe o engajamento e a construção significativa do conhecimento.

As limitações desse enfoque pedagógico refletem-se diretamente nas dificuldades de aprendizagem manifestadas pelos discentes. Pesquisas apontam obstáculos específicos, como a compreensão do conceito de "redução", que entra em conflito com o senso comum por corresponder ao ganho de elétrons, e desafios no cálculo do número de oxidação (Nox) e da diferença de potencial (DDP). É crucial notar que Grahall, Fernandez e Nogueira (2021) observaram que tais dificuldades frequentemente relacionam-se a deficiências em operações matemáticas e interpretação de texto, indicando que as barreiras de aprendizagem não são inerentes apenas à Química, mas são agravadas por uma abordagem que não as considera.

A junção desse conjunto de fatores é um cenário generalizado de desinteresse e falta de envolvimento discente. A ênfase em uma lógica puramente memorística e procedural, sem conectar os conceitos abstratos a aplicações tecnológicas e sociais, esvazia o processo de ensino-aprendizagem de significado. Essa constatação é explicitada por Lima, Silva e Alencar (2023), que concluíram, a partir da análise de pressupostos didáticos, que as práticas correntes para veicular o conhecimento em eletroquímica não têm atraído, e muito menos envolvido, os discentes. Dessa forma, evidencia-se a necessidade premente de se superarem os métodos tradicionais em prol de abordagens que promovam uma compreensão integrada e significativa.

Por fim, em se tratando da **dimensão contextual**, um dos entraves cruciais no ensino de eletroquímica reside na desconexão entre seus fundamentos teóricos e as aplicações tecnológicas e sociais contemporâneas. Com frequência, pouco se explora como os princípios eletroquímicos são determinantes para o funcionamento de dispositivos médicos, como marcapassos, para a proteção catódica de estruturas metálicas contra a corrosão ou para a geração de energias limpas em células a combustível. Essa lacuna representa a perda de uma oportunidade valiosa para a contextualização, que é definida como a mobilização de conteúdos programáticos para solucionar situações-problemas e compreender um dado contexto (Pinheiro; Soares, 2022). Ao negligenciar essas interfaces, o ensino perde o potencial de demonstrar a relevância social da ciência, limitando-se a uma descrição teórica e desarticulada da realidade do discente.

Superar essa fragmentação exige uma mudança de paradigma pedagógico, transitando de um modelo expositivo para uma abordagem centrada na problematização. Nesta perspectiva, a realidade do educando constitui o ponto de partida e de chegada do processo educativo (Pinheiro; Soares, 2022). Dela emergem temas geradores – recortes da realidade dos sujeitos – que são desdobrados em situações-problema estruturadas. Estas, por sua vez, demandam a

mobilização de conteúdos programáticos sistematizados para a construção de soluções. Um exemplo dessa metodologia foi documentado por Pinheiro e Soares (2022), onde a combinação de colaboração educativa com robótica pedagógica permitiu que universitários, partindo do contexto da construção civil, projetassem um robô para identificar corrosão eletroquímica em estruturas de concreto. Nesse modelo, em vez de o docente partir do conteúdo em busca de exemplos, discentes e docentes partem juntos do contexto em busca dos conhecimentos necessários para resolvê-lo.

Essa abordagem problematizadora é, portanto, a base para uma interdisciplinaridade contextualizada genuína, que vai além da mera justaposição de conteúdos. Conforme Leite e Soares (2022), é preciso superar uma interdisciplinaridade pontual e acessória, voltada apenas para a descrição científica e tecnológica do cotidiano imediato. A verdadeira interdisciplinaridade emerge do contexto geral do objeto de estudo e contempla "a ação epistemológica da contextualização nas complexas relações do saber científico construído com a realidade social e ambiental" (Leite; Soares, 2022, p. 811). Dessa forma, formar o sujeito por meio dessa perspectiva é fazê-lo compreender o processo de vida real em um movimento dinâmico e reversível de transposição do conhecimento científico para o contexto sociopolítico e econômico, tornando-o consciente das forças que regem a produção e a apropriação social do conhecimento.

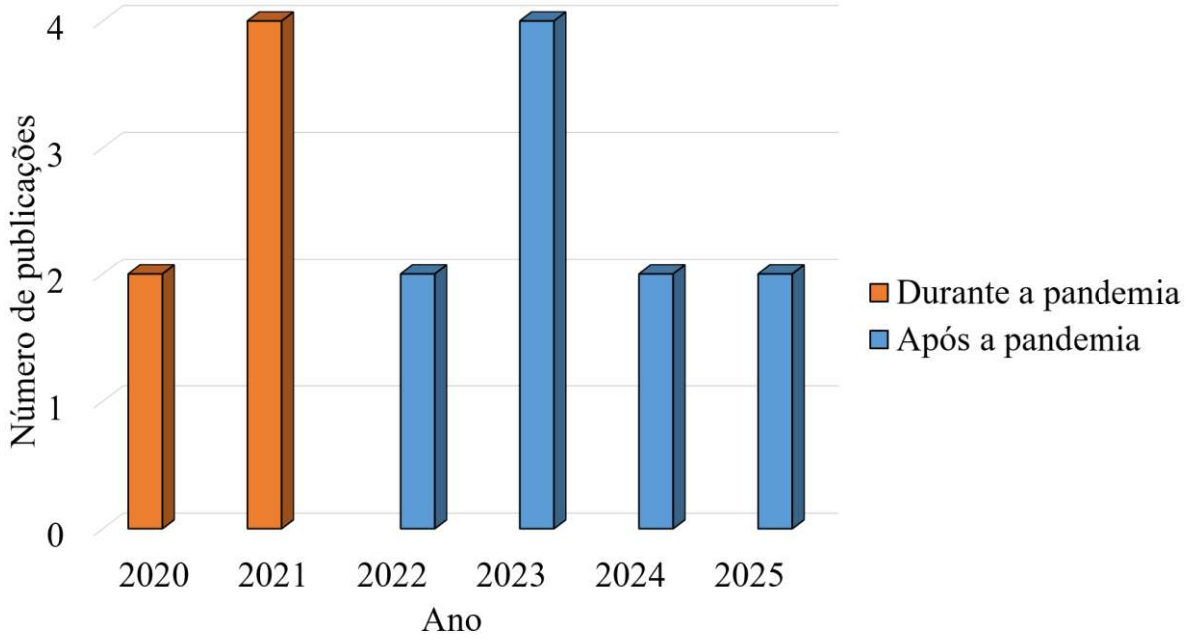
3.1.3.2 Estratégias, metodologias e recursos superadores: Análise de eficácia e potencialidades

De acordo com o referencial teórico de Alves e Bego (2020), metodologias, estratégias e recursos constituem níveis hierárquicos e complementares no planejamento didático, diferenciando-se fundamentalmente por sua abrangência e função no processo de ensino-aprendizagem. As metodologias (ex.: ABP, 3 MPs, CTS) correspondem às abordagens pedagógicas de caráter macro, envolvendo os pressupostos filosóficos, teóricos e os modelos estruturantes que orientam toda a prática educativa. Em um nível intermediário, as estratégias (ex.: experimentação, mapas conceituais) dizem respeito aos caminhos procedimentais, às ações e às organizações didáticas específicas planejadas pelo docente para viabilizar e operacionalizar a metodologia escolhida. Por fim, os recursos/instrumentos (ex.: jogos, aplicativos, simuladores) atuam no nível micro como os artefatos materiais ou digitais, os suportes físicos ou ferramentas concretas que servem de mediação para a execução das estratégias em sala de aula.

Empregando essa lente teórica para analisar o recorte temporal de 2020 a 2025, a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão predefinidos resultou na seleção final de 16

publicações, majoritariamente empíricas. O perfil temporal dessas produções evidencia a forte influência da pandemia de COVID-19, direcionando os esforços investigativos para a proposição de novos arranjos nesses três níveis didáticos (estratégias, metodologias e recursos) a fim de superar os obstáculos impostos ao aprendizado de eletroquímica no contexto remoto. Esse movimento é corroborado pelo expressivo aumento de publicações no período pós-pandêmico (a partir de 2022), com um pico acentuado em 2023, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Número de publicações sobre metodologias ativas aplicadas ao ensino-aprendizagem de eletroquímica durante a pandemia ou após a pandemia.



Fonte: Autoria própria (2026).

A análise dos desafios de aprendizagem em eletroquímica — organizados nos eixos **conceitual**, **didático** e **contextual** — evidencia a necessidade de estratégias pedagógicas que atuem de forma complementar e integrada. Nesse sentido, a literatura especializada (2020–2025) apresenta um repertório de estratégias, metodologias e recursos diversificado, sistematizado em quatro eixos principais, que dialogam diretamente com as lacunas identificadas:

◇ **Estratégia de experimentação investigativa** – Atua sobretudo na superação das barreiras **conceituais**, ao permitir que os estudantes observem e manipulem fenômenos eletroquímicos em situações reais. A formulação de hipóteses e a análise crítica dos resultados favorecem a construção de modelos mentais mais consistentes, reduzindo a abstração excessiva e combatendo concepções alternativas robustas.

◇ **Estratégias com tecnologias digitais e simulações –** Contribuem para enfrentar tanto os desafios **conceituais** quanto os **didáticos**. Ao oferecer recursos visuais e interativos, como simuladores (ex.: *PhET*), *softwares* de modelagem e aplicativos (ex.: *CheMaestry*), essas ferramentas tornam acessíveis processos abstratos, como o movimento de elétrons ou a dinâmica dos íons na ponte salina. A estratégia de gamificação, por sua vez, rompe com a lógica da aula expositiva tradicional, introduzindo elementos lúdicos e desafiadores por meio de recursos como *quizzes*, jogos digitais e *RPGs* eletrônicos (ex.: *HELP*), que ampliam o engajamento e favorecem a aprendizagem significativa.

◇ **Metodologias Baseadas em Problemas (ABP) e em Temas Sociocientíficos (TS) –** Respondem diretamente ao eixo **contextual**, ao vincular os conteúdos de eletroquímica a problemáticas sociais e tecnológicas contemporâneas, como baterias sustentáveis, corrosão em infraestruturas ou produção de energia limpa. Essas metodologias orientam a escolha de estratégias como estudos de caso, projetos de extensão e discussões CTSA, e podem utilizar recursos como dados reais de impacto ambiental, reportagens ou visitas técnicas. Essa conexão fortalece a relevância do conhecimento escolar, promovendo não apenas a assimilação conceitual, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico e da consciência cidadã.

◇ **Estratégia de mapas conceituais e Teoria da Aprendizagem Significativa –** Oferecem suporte transversal aos três eixos. No plano **conceitual**, os mapas conceituais favorecem a ancoragem de novos conhecimentos em estruturas cognitivas pré-existentes, conforme proposto por Ausubel. No plano **didático**, funcionam como estratégia de síntese e reorganização do conteúdo, contrapondo-se à fragmentação típica da memorização mecânica. Finalmente, no plano **contextual**, podem ser utilizados para relacionar conceitos eletroquímicos a aplicações práticas, ampliando a percepção de relevância do tema. Já a criação de paródias autorais atua como um recurso criativo que, aliado à estratégia de produção textual, potencializa a expressão e a articulação de conceitos pelos discentes.

O Quadro 2 organiza os principais estudos publicados entre 2020 e 2025, evidenciando como cada eixo metodológico tem sido explorado e quais resultados têm sido alcançados. A análise integrada sugere que a superação das barreiras à aprendizagem em eletroquímica não depende de uma única solução, mas da articulação entre diferentes metodologias, estratégias e recursos, capazes de responder simultaneamente às dimensões conceituais, didáticas e contextuais do processo educativo.

Quadro 2: Principais contribuições científicas selecionadas que relatam sobre o uso de metodologias ativas para promover a eficácia do processo ensino-aprendizagem em eletroquímica na Educação Básica.

Descritores	**Dimensões**				**Total de publicações selecionadas**
	Experimentação investigativa (estratégia)	**Tecnologias digitais e simulações (estratégia e recurso)**	**Abordagem Baseada em Problemas e Temas Sociocientíficos (metodologia)**	**Mapas conceituais e Aprendizagem Significativa (estratégia)**	
Metodologias ativas Experimentação no ensino de Química Tecnologias educacionais Aprendizagem significativa	**7 artigos** (Silveira *et al.*, 2021; Silveira *et al*., 2022; Krushinski; Clarke; Dick, 2024; De Jesus *et al*., 2025; Andrade; Zimmer, 2020; Gonçalves *et al*., 2021)	**3 artigos** (Schettino; Mendes, 2021; Viana; Silva; Marques, 2023; Souza; Oliveira; Nogueira, 2023).	**4 artigos** (Da Silva *et al*., 2024; Giffoni; Barroso; Sampaio, 2020; Soto; Bertoti; Cirino, 2024; Domingues; Cintra, 2023).	**2 artigos** (Da Silva; Firme, 2021; Mossi; Vinholi Júnior, 2022).	**16 publicações**

Fonte: Autoria própria (2026).

Analisando a estratégia de **experimentação investigativa** nas bases de dados, é possível identificar diferentes propostas metodológicas que utilizam recursos experimentais de baixo custo para promover a visualização de conceitos abstratos associados à eletroquímica. A construção de pilhas caseiras com frutas, metais e soluções eletrolíticas constitui um dos recursos mais recorrentes no ensino de eletroquímica. Tal popularidade deve-se à sua acessibilidade, uma vez que é possível desenvolvê-la com materiais de baixo custo e de fácil aquisição, conforme demonstrado por diversas propostas didáticas (Silveira *et al.*, 2021; Silveira *et al*., 2022). Esta acessibilidade garante que a experimentação possa ser introduzida de forma realizável já nos anos iniciais da Educação Básica, facilitando a aprendizagem de conceitos de reações de oxirredução por meio de uma abordagem concreta e contextualizada (Krushinski; Clarke; Dick, 2024). Nesse sentido, práticas como essas transcendem a mera demonstração, aproximando-se de atividades investigativas que se assemelham às práticas científicas reais (De Jesus *et al*., 2025).

Quando essa prática é acompanhada por um **roteiro investigativo** — entendido como uma estratégia didática que orienta o discente a levantar hipóteses, formular perguntas e buscar explicações — ela passa a assumir um caráter pedagógico mais profundo. Por exemplo, ao investigar qual combinação de metais gera a maior diferença de potencial em uma pilha, o discente não apenas observa o fenômeno, mas é instigado a questionar, comparar resultados e

justificar suas conclusões. Dessa forma, o roteiro investigativo transforma a atividade experimental em um processo de construção ativa do conhecimento, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas, argumentativas e conceituais em eletroquímica. Tal abordagem fomenta competências científicas essenciais, relacionadas à coleta e análise de dados, e posiciona o discente como um agente ativo na construção do seu conhecimento (De Jesus *et al*., 2025; Andrade; Zimmer, 2020). A investigação de parâmetros que afetam a medição de uma pilha, proposta por Krushinski, Clarke e Dick (2024), ou a exploração de conceitos como a equação de Nernst e constantes de equilíbrio (Silveira *et al*., 2022), são exemplos de como a prática investigativa pode levar a uma assimilação mais significativa dos conceitos teóricos.

Conclui-se, portanto, que a integração entre **recursos experimentais acessíveis** e **estratégia investigativa** representa uma abordagem robusta para a alfabetização científica em eletroquímica. Esta articulação não apenas facilita a compreensão conceitual de tópicos específicos, como células galvânicas e eletrólise, mas também permite contextualizar a aplicabilidade dos fenômenos estudados, seja no cotidiano, na indústria ou no âmbito de um laboratório de pesquisa (Andrade; Zimmer, 2020; Krushinski; Clarke; Dick, 2024). Dessa forma, práticas bem estruturadas, que vão além de aulas exclusivamente expositivas, contribuem decisivamente para despertar a curiosidade do discente e estabelecer relações mais próximas entre o conhecimento científico abstrato e o mundo material, consolidando uma aprendizagem efetivamente significativa (Silveira *et al*., 2022).

Em se tratando do eixo **estratégias com tecnologias digitais e simulações**, observa-se poucas publicações científicas associadas ao ensino de eletroquímica no contexto brasileiro, embora seja notório o poder de transposição didática dessas ferramentas. Os desafios inerentes ao ensino de eletroquímica, frequentemente marcado por um alto grau de abstração, têm encontrado nas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) um poderoso aliado para a transposição didática. Nesse contexto, os recursos computacionais, como os simuladores disponibilizados pelo *PhET Interactive Simulations*, emergem como ferramentas valiosas ao permitirem a visualização dinâmica do movimento de íons e elétrons, transformando conceitos abstratos em representações concretas e manipuláveis. Esta abordagem visual e interativa é corroborada por estudos que buscam verificar a eficácia de animações interativas para uma aprendizagem significativa, na qual a construção e interação com objetos digitais facilitam a junção entre teoria e prática, resultando em maior aceitação e engajamento por parte dos discentes (Schettino; Mendes, 2021).

Paralelamente, a estratégia de gamificação tem se consolidado como uma estratégia pedagógica diferenciada, eficaz na fixação de conceitos e no aumento do engajamento discente. Ao transformar a revisão em uma atividade lúdica e desafiadora, por meio de recursos como *quizzes* e jogos digitais, esta metodologia instiga o protagonismo dos discentes. Esta premissa é exemplificada na pesquisa de Viana, Silva e Marques (2023), que propuseram uma sequência didática para eletroquímica utilizando elementos de jogos aliados a outros recursos, constatando que tal articulação constitui um método capaz de tornar o ensino de Química mais dinâmico e funcional. Da mesma forma, o desenvolvimento do recurso aplicativo *[CheMaestry]*, que organiza questões em formatos interativos sobre conceitos-chave da eletroquímica, configura-se como uma ferramenta significativa para essa finalidade (De Souza; Oliveira; Nogueira, 2023).

A efetividade da gamificação estende-se para além de exercícios pontuais, manifestando-se também em narrativas complexas que contextualizam o conhecimento. A criação de jogos de *Role Playing Game* (*RPG*) eletrônicos, como o *HELP* desenvolvido por De Jesus e Nunes (2023), ilustra essa potencialidade. No jogo, os discentes são desafiados a aplicar conceitos de eletroquímica para a construção de uma pilha com materiais encontrados em um cenário de sobrevivência, mobilizando a compreensão de forma significativa e contextualizada. Tal iniciativa demonstra, ainda, a viabilidade de produção de recursos educativos por docentes, mesmo sem domínio de linguagens de programação complexas, ampliando as possibilidades de integração das TDICs na prática docente e consolidando a gamificação como uma estratégia para uma educação química contemporânea e engajadora.

Na dimensão **Metodologias de Abordagem Baseada em Problemas (ABP) e Temas Sociocientíficos (TS)**, é possível constatar poucos estudos publicados que remetem à aprendizagem de eletroquímica baseada em exemplos do cotidiano dos discentes. A contextualização da aprendizagem em problemas reais — como o projeto de sistemas para mitigar a corrosão de cascos de navios ou a análise dos impactos ambientais do descarte de pilhas e baterias — constitui uma estratégia pedagógica que situa o conhecimento em um contexto autêntico. Tal abordagem, alinhada com as perspectivas da educação ambiental (Domingues; Cintra, 2023) e da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) (Giffoni; Barroso; Sampaio, 2020), transcende a mera transmissão de conceitos. Ao engajar os discentes em problemáticas sociais e tecnológicas relevantes, promove-se não apenas uma compreensão conceitual mais profunda, mas também o desenvolvimento indispensável do pensamento crítico e da responsabilidade cidadã, formando indivíduos conscientes de seu papel na sociedade.

A eficácia dessa metodologia é corroborada por investigações no âmbito da educação ambiental, as quais demonstram que intervenções didáticas bem fundamentadas geram impactos significativos. Como evidenciado por Da Silva *et al.* (2024), projetos de extensão focados no descarte adequado de pilhas e baterias, quando implementados em escolas, conseguem remover quantidades substanciais de resíduos do meio ambiente, além de disseminar conhecimento sobre legislação e pontos de coleta, impactando diretamente centenas de discentes e suas comunidades. Essas atividades, ao substituírem a simples definição de conceitos por discussões contextualizadas, facilitam a compreensão dos conteúdos e enriquecem a aprendizagem de maneira significativa, engajando e motivando os discentes.

Para além da conscientização sobre o descarte, a abordagem por problemas autênticos pode ser expandida para incorporar perspectivas tecnológicas e inovadoras, conforme apontado por Soto, Bertoti e Cirino (2024). A discussão sobre pilhas e baterias não deve se restringir aos impactos do descarte incorreto, mas também integrar o desenvolvimento de novos materiais para armazenamento de energia, que visam aumentar a eficiência e diminuir os custos e impactos ambientais. Paralelamente, a aplicação de planos de aula baseados em metodologias ativas, utilizando recursos acessíveis para demonstrar processos complexos – como a fotossíntese artificial para produção de energias renováveis (Soobrian *et al*., 2023) –, confirma que tais estratégias são eficazes para melhorar a compreensão geral dos discentes e reduzir disparidades educacionais. Dessa forma, situar a aprendizagem em contextos reais e problematizadores revela-se uma ferramenta poderosa para formar uma força de trabalho diversificada e capacitada para enfrentar os desafios científicos e ambientais da próxima geração.

Por fim, a dimensão estratégia de **mapas conceituais** e **recurso da paródia**, com base na Teoria da Aprendizagem Significativa, mostra que são poucos estudos sobre eletroquímica que exploram esses instrumentos. A utilização de mapas conceituais como recurso didático tem sido reconhecida pela literatura como uma estratégia eficaz para promover a organização e a hierarquização de conceitos complexos, como os envolvidos no estudo de pilhas, eletrólise, oxidação e redução. Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, essa abordagem visa facilitar a ancoragem de novos conhecimentos em estruturas cognitivas preexistentes, potencializando a assimilação não arbitrária e não literal dos conteúdos. Um estudo desenvolvido por Mossi e Vinholi Júnior (2022) com 26 discentes do Ensino Médio evidenciou que a implementação de mapas conceituais, aliada a recursos como Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e atividades experimentais, permitiu aos discentes explicitarem conceitos fundamentais de processos de oxirredução e do funcionamento

de pilhas, demonstrando evolução cognitiva significativa. A análise qualitativa dos mapas considerou critérios como a quantidade e qualidade de conceitos, a lógica das ligações e a clareza hierárquica, reforçando o potencial dessa ferramenta para a diferenciação progressiva de conceitos.

Apesar dos benefícios observados, a pesquisa também apontou desafios na implementação dos mapas conceituais, especialmente no que se refere à resistência inicial dos discentes. De acordo com Mossi e Vinholi Júnior (2022), os discentes manifestaram certa aversão à técnica, influenciada por experiências prévias que os levavam a considerá-la complexa e de propósito pouco claro. Contudo, com a mediação adequada e a explicitação dos objetivos pedagógicos, os discentes passaram a reconhecer o valor da estratégia, percebendo que ela demandava um entendimento aprofundado dos conceitos e uma seleção criteriosa de suas interações. Esse processo favoreceu a reconciliação integrativa, ainda que tenham sido identificadas dificuldades nesse princípio ausubeliano. Dessa forma, o estudo dos autores conclui que os mapas conceituais constituem um instrumento valioso tanto para o docente, no acompanhamento do processo avaliativo, quanto para os discentes, na autorreflexão sobre a construção do conhecimento, reforçando sua eficácia na promoção de uma aprendizagem significativa.

Outra aplicação de estratégia ativa para aprendizagem significativa em eletroquímica é apontada no estudo de Da Silva e Firme (2021). Este estudo investigou a utilização de paródias autorais como recurso didático para o ensino de eletroquímica, com o propósito de analisar a intertextualidade presente nas composições e identificar os conceitos químicos mobilizados pelos discentes. A pesquisa qualitativa, conduzida com 42 discentes do Ensino Médio de uma escola pública, demonstrou que a criação de paródias potencializou uma aprendizagem significativa, uma vez que os discentes não apenas preservaram traços de intertextualidade em seus trabalhos, mas também articularam, com distintos níveis de profundidade, conceitos fundamentais da eletroquímica. Os resultados atestam o valor pedagógico da atividade, posicionando a autoria de paródias pelos discentes como um recurso promissor para a construção ativa do conhecimento químico.

3.1.3.3 Críticas e limitações das propostas

Não obstante as potencialidades das estratégias, metodologias e recursos para o ensino de eletroquímica, sua implementação enfrenta limitações estruturais e epistemológicas que comprometem tanto a eficácia quanto a possibilidade de generalização. A literatura

especializada evidencia uma tensão recorrente entre o potencial emancipador dessas metodologias e as condições materiais e formativas da realidade escolar:

◇ **Infraestrutura e formação docente** – A experimentação investigativa, embora reconhecida como recurso privilegiado para superar barreiras conceituais, frequentemente esbarra na carência de laboratórios e na insuficiência da formação docente. Sem uma mediação qualificada, tais práticas tendem a se reduzir a demonstrações superficiais. Nesse ponto, a crítica freireana é pertinente: sem uma prática pedagógica dialógica e problematizadora, o ensino corre o risco de reproduzir a "educação bancária" denunciada por Paulo Freire, em que o professor deposita conteúdos sem promover a construção ativa do conhecimento (Freire, 1987, 1996).

◇ **Tecnologias digitais e desigualdades educacionais** – O uso de simuladores e dispositivos móveis pressupõe acesso a infraestrutura tecnológica e competências digitais docentes que vão além do domínio instrumental. A ausência desses elementos acentua desigualdades educacionais, reforçando a exclusão de determinados grupos. Vygotsky (2007 e 2010) já alertava que o desenvolvimento cognitivo depende da mediação social e cultural; sem condições materiais adequadas, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) não se realiza plenamente, limitando o potencial das tecnologias como instrumentos de aprendizagem. Ademais, a gamificação, se aplicada de forma descontextualizada, pode reforçar a lógica da competição em detrimento da cooperação, contrariando a perspectiva vygotskiana de aprendizagem como processo essencialmente coletivo.

◇ **Complexidade metodológica e rigidez curricular** – Estratégias como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (Herarth, 2020) e os Temas Sociocientíficos (TS) demandam tempo e planejamento, o que frequentemente conflita com currículos extensos e a pressão por cobertura de conteúdo. Essa contradição revela o choque entre a proposta de uma educação significativa e crítica e a estrutura escolar tradicional, marcada por rigidez e fragmentação. Aqui, novamente, a crítica freireana (Freire, 1987, 1996) se aplica: sem espaço para a problematização e para o diálogo, a escola tende a reproduzir conteúdos descontextualizados, distantes da realidade social dos discentes.

◇ **Mapas conceituais e resistência discente** – Embora fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, os mapas conceituais enfrentam resistência dos discentes, que muitas vezes não conseguem realizar a reconciliação integrativa entre conceitos. Ausubel (2003) enfatiza que a aprendizagem significativa depende da existência de subsunçores adequados e da disposição do aprendiz em relacionar novos conhecimentos às estruturas

cognitivas prévias. Sem mediação pedagógica constante, o risco é que os mapas se tornem meros exercícios formais, sem impacto real na aprendizagem.

◇ **Avaliação e efetividade** – Persiste o desafio de avaliar de forma robusta e multidimensional a efetividade dessas estratégias. Os ganhos em engajamento e atitude nem sempre se traduzem em melhores desempenhos em avaliações tradicionais, o que evidencia a necessidade de repensar os próprios modelos avaliativos. Freire (1987 e 1996) já apontava que a avaliação deve ser formativa e dialógica, voltada para o processo e não apenas para o produto. A permanência de instrumentos avaliativos tradicionais reforça a contradição entre inovação metodológica e práticas escolares conservadoras.

3.1.3.4 Aprofundamento teórico: As contribuições de Vygotsky, Freire e Ausubel para a compreensão das limitações

Para além das menções pontuais, faz-se necessário aprofundar os fundamentos de cada um desses teóricos, uma vez que suas obras oferecem lentes analíticas essenciais para interpretar as dificuldades de implementação e, ao mesmo tempo, justificam a proposta do aplicativo educacional como alternativa.

a) Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky e a mediação como condição para o desenvolvimento

Sem condições materiais adequadas, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) não se realiza plenamente. Para Vygotsky (2007 e 2010), a ZDP é a distância entre o que o indivíduo consegue fazer sozinho (seu Nível de Desenvolvimento Real) e o que pode realizar com a ajuda de um adulto ou de pares mais capazes (seu Nível de Desenvolvimento Potencial). Este é o espaço onde a aprendizagem acontece, impulsionando o desenvolvimento cognitivo. Vygotsky (2007, p. 103) enfatiza que “o aprendizado desperta processos internos de desenvolvimento que somente operam quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros”. A ZDP não é uma propriedade isolada do discente, mas um espaço teórico gerado na interação entre educador e educando. Portanto, a ausência de um docente qualificado que atue como mediador, propondo desafios e oferecendo o suporte necessário (o “andaime”), inviabiliza a ZDP, reduzindo as atividades a meras demonstrações. Além disso, a crítica à gamificação descontextualizada, que pode reforçar a competição, opõe-se à visão vygotskiana de que a aprendizagem é um processo essencialmente coletivo e colaborativo. Para Vygotsky, a interação social não é um complemento, mas a fonte primária

do desenvolvimento cognitivo. A tecnologia, nesse sentido, deve ser um instrumento de mediação, não um substituto da relação humana.

b) Pedagogia da Autonomia (Freire) e a prática dialógica como superação da educação bancária

É necessário superar a "educação bancária", onde o docente deposita conteúdos, e defende uma prática dialógica e problematizadora. Em *Pedagogia da Autonomia*, Freire (1996, p. 39 e 14) aprofunda sua teoria-ética, afirmando que "ensinar exige reflexão crítica sobre a prática" e que "formar é muito mais do que treinar o educando". A autonomia, para Freire, constrói-se por meio da conscientização, do esclarecimento e da liberdade, onde o educando se torna sujeito de seu próprio aprendizado. A limitação apontada nesta revisão — a rigidez curricular que conflita com propostas como a ABP e os Temas Sociocientíficos — representa um choque direto com a pedagogia freireana. Se a escola está presa a um currículo extenso e à pressão por cobertura de conteúdo, ela reproduz a lógica da "educação bancária", impossibilitando o diálogo e a problematização. A *práxis* educativa, que para Freire é a unidade entre reflexão e ação voltada para a transformação da realidade, é sufocada por essa estrutura. Da mesma forma, a crítica aos modelos avaliativos tradicionais ecoa a visão de Freire, para quem a avaliação deve ser formativa e dialógica, focada no processo e não apenas no produto final. A permanência de instrumentos avaliativos tradicionais em um contexto de inovação metodológica é uma contradição que desumaniza a educação, distanciando-a da busca pelo "ser mais" que Freire propõe.

c) Aprendizagem Significativa (Ausubel) e a ancoragem dos novos conceitos em subsunçores

A presente revisão menciona que os mapas conceituais, baseados na Teoria de Ausubel, enfrentam resistência discente por falta de "subsunçores" adequados. Para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conteúdo é relacionado de forma não arbitrária e substantiva com o que o discente já sabe (os subsunçores). A crítica de que a resistência discente e a falta de mediação transformam os mapas em exercícios formais é central. Ausubel já afirmava que a aprendizagem significativa depende de duas condições essenciais: **(1)** que o material seja potencialmente significativo; e **(2)** que o aprendiz tenha disposição para aprender e relacionar o novo conhecimento com sua estrutura cognitiva prévia. Sem subsunçores claros e sem a mediação pedagógica para auxiliar na reconciliação integrativa (processo de identificar semelhanças e diferenças entre conceitos para reorganizá-los na mente), a aprendizagem se torna mecânica. O uso de organizadores prévios — recursos introdutórios

que ativam ou fornecem conhecimentos de ancoragem — é uma estratégia ausubeliana fundamental para superar essa barreira, o que reforça a necessidade de um docente bem preparado para planejar e conduzir o processo.

3.1.3.5 Proposição do aplicativo educacional gratuito e *offline* como alternativa integradora

Diante das limitações identificadas e considerando os aportes teóricos da área, a proposição de um **aplicativo educacional gratuito, *offline* e contextualizado** (como o desenvolvido no Capítulo 3 desta pesquisa) configura-se como uma alternativa estratégica para reduzir disparidades educacionais. Ao transpor os benefícios das simulações e da gamificação para uma plataforma acessível, supera-se a barreira da conectividade e da infraestrutura laboratorial precária, permitindo que os discentes visualizem e interajam com conceitos abstratos em diferentes contextos escolares.

Mais do que um recurso tecnológico, o aplicativo assume um **caráter político-pedagógico**, ao democratizar o acesso a metodologias ativas e favorecer a autonomia discente, sem prescindir da mediação docente. Nesse sentido, dialoga com a perspectiva **freireana** de educação como prática da liberdade (Freire, 1996), com a visão **vygotskiana** da mediação social como condição para o desenvolvimento (Vygotsky, 2007) e com a proposta **ausubeliana** de aprendizagem significativa (Ausubel, 2003).

- **Para Vygotsky**, o aplicativo atua como mediador tecnológico: mesmo na ausência de laboratório, possibilita ao discente interagir com conceitos abstratos. Sua eficácia, contudo, depende da mediação docente, que cria a **Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)** ao desafiar o discente com o conteúdo do aplicativo.
- **Para Freire**, a ferramenta é um instrumento de democratização do acesso, favorecendo a autonomia discente ao permitir que o estudante explore e aprenda em seu próprio ritmo, rompendo com a lógica bancária de "depósito" de conteúdos.
- **Para Ausubel**, ao ser contextualizado e incorporar simulações e elementos de gamificação, o aplicativo torna-se potencialmente significativo, facilitando a **ancoragem de novos conceitos** nos conhecimentos prévios dos discentes, mesmo em contextos de infraestrutura precária.

Trata-se, portanto, de uma alternativa concreta para enfrentar as contradições entre inovação metodológica e realidade escolar, promovendo uma aprendizagem crítica e reduzindo as assimetrias históricas que marcam o ensino de Ciências. Para que isso ocorra, é imprescindível que o uso do aplicativo esteja articulado a uma prática pedagógica **dialógica,**

mediadora e valorizadora dos conhecimentos prévios, em consonância com os princípios clássicos da Educação em Química.

3.1.4 Conclusão parcial

Esta revisão crítica elucidou que os desafios no ensino de conteúdos fundamentais em eletroquímica na Educação Básica são multifacetados, enraizados tanto na complexidade conceitual da área, quanto na perpetuação de um modelo de ensino expositivo e descontextualizado. Contudo, a incorporação de metodologias ativas, como a Experimentação Investigativa, a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e o uso de tecnologias digitais, revela um caminho promissor para transformar a eletroquímica em uma narrativa científica envolvente, conectada ao cotidiano e às questões sociais contemporâneas. Entretanto, a superação definitiva desses obstáculos exige mais do que a adoção de novas técnicas: requer uma **transformação cultural da escola**. Paulo Freire já denunciava a "educação bancária", em que o discente é mero receptor de conteúdos, defendendo em contrapartida uma prática pedagógica dialógica e problematizadora. Nesse sentido, metodologias ativas só terão impacto real se forem acompanhadas de uma mudança estrutural que posicione o discente como sujeito histórico e agente ativo da construção do conhecimento.

Do ponto de vista vygotskiano, a aprendizagem só se concretiza plenamente quando há mediação social adequada, capaz de expandir a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Isso implica investir na formação docente para que professores possam atuar como mediadores qualificados, articulando recursos digitais, experimentação e problematização sociocientífica. Sem esse investimento, as metodologias correm o risco de se reduzir a práticas superficiais, incapazes de promover desenvolvimento cognitivo e crítico. Ausubel, por sua vez, enfatiza que a aprendizagem significativa depende da existência de subsunçores adequados e da disposição do aprendiz em relacionar novos conhecimentos às estruturas cognitivas prévias. Assim, práticas como mapas conceituais ou simulações digitais só terão eficácia se forem integradas a um processo pedagógico que favoreça a reconciliação integrativa e a construção de significados duradouros.

Para avançar nesta área, pesquisas futuras devem priorizar **estudos longitudinais** que avaliem a retenção de longo prazo da aprendizagem mediada por metodologias ativas, bem como investigar os efeitos de abordagens integradas — por exemplo, a combinação entre gamificação e atividades laboratoriais práticas — na motivação e na compreensão conceitual dos discentes. Além disso, é crucial explorar as **barreiras sistêmicas e institucionais** que dificultam a implementação dessas estratégias, como currículos rígidos, avaliações tradicionais

e desigualdades de infraestrutura, de modo a reduzir a lacuna entre a investigação educacional e a prática em sala de aula. Em última análise, consolidar o ensino da eletroquímica como pilar da literacia científica e da cidadania crítica exige uma agenda de investigação e ação que vá além da técnica, abraçando uma perspectiva político-pedagógica. Somente assim será possível transformar a sala de aula em espaço de diálogo, mediação e construção significativa, conforme preconizado por Freire, Vygotsky e Ausubel.

3.2 CAPÍTULO II - DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO ENSINO REMOTO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Um estudo com docentes e discentes em Itumbiara-GO[4]

[4] Conforme esclarecido na Apresentação da Tese, este capítulo segue o formato de manuscrito para submissão.

DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO ENSINO REMOTO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Um estudo com docentes e discentes em Itumbiara-GO

CHALLENGES AND POSSIBILITIES OF REMOTE CHEMISTRY TEACHING IN BASIC EDUCATION: A study with teachers and students in Itumbiara-GO, Brazil

Maraína Medeiros Fernandes
Fábio Augusto Amaral
Sheila Cristina Canobre

RESUMO

O ensino de Química, reconhecidamente complexo para os discentes, sofreu significativas transformações com a transição abrupta do modelo presencial para o remoto durante a pandemia de COVID-19. Nesse sentido, este estudo analisou a implementação do ensino remoto emergencial de Química durante a pandemia de COVID-19, investigando a governança institucional e as percepções de docentes e discentes em três contextos educacionais de Itumbiara-GO (público, privado e do campo). A análise crítica de documentos oficiais e de questionários aplicados a 4 docentes e 81 discentes revelou que as respostas foram moldadas pela capacidade de mudança de cada instituição. Enquanto a Escola Pública geriu a crise por meio de uma normatização contínua e burocrática, a Escola Privada demonstrou maior agilidade ao internalizar a experiência em seu Projeto Político-Pedagógico. A Escola do Campo, por sua vez, teve suas especificidades negligenciadas por diretrizes centralizadas. Os resultados apontam desafios comuns, como a exaustão docente e a dificuldade discente com a concentração e a abstração de conceitos químicos sem as aulas práticas. Apesar da adoção resiliente de recursos digitais (simuladores, videoaulas), estes funcionaram como substitutos insuficientes, gerando um déficit na mediação didática. Uma lacuna crucial foi a ausência de protocolos para crises nos projetos pedagógicos, expondo a falta de uma "pedagogia do inesperado". Conclui-se que a experiência evidenciou fissuras preexistentes, como a desigualdade do capital digital e a fragilidade da formação docente para o digital. O legado da pandemia deve ser a construção de projetos pedagógicos resilientes, que integrem planos de contingência, formação crítica em tecnologias e metodologias ativas para as Ciências, transformando a resposta de emergência em um aprendizado estratégico permanente para a educação.

PALAVRAS-CHAVE:

Ensino de Química; Ensino Remoto Emergencial; Desafios de Aprendizagem; Potencial das Ferramentas Digitais; Pandemia da COVID-19.

ABSTRACT

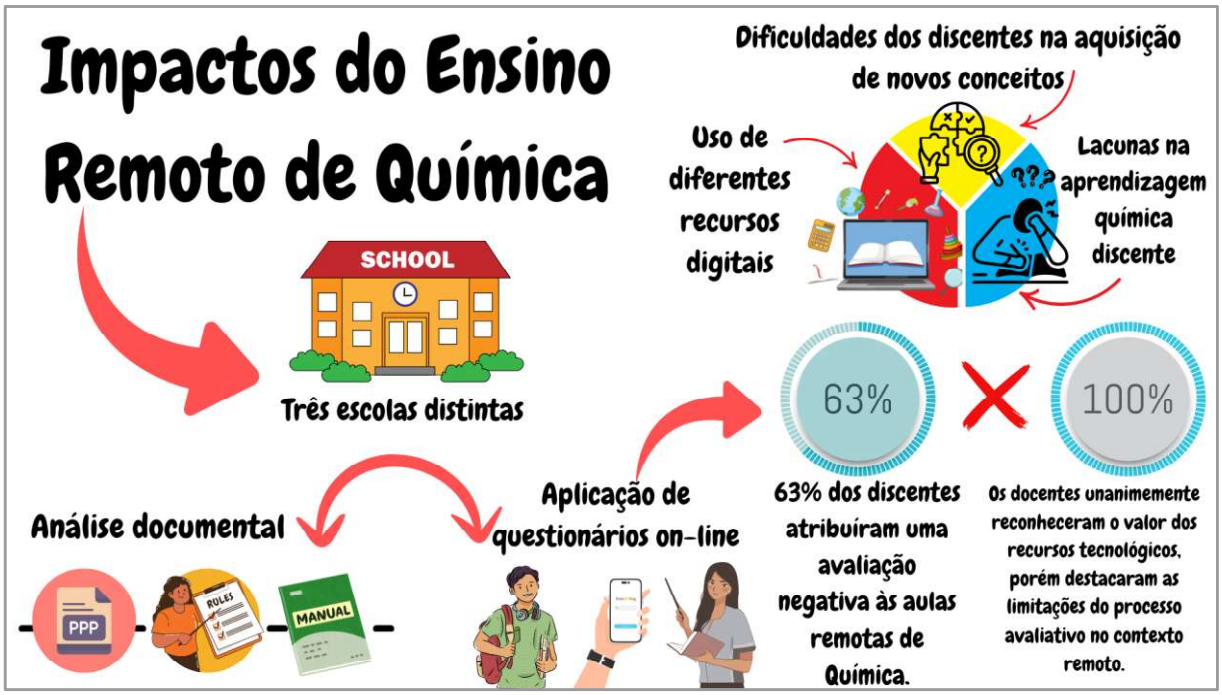
Chemistry teaching, widely recognized as complex for students, underwent a significant transformation due to the abrupt transition from in-person to remote learning during the COVID-19 pandemic. This study analyzed the implementation of emergency remote teaching of Chemistry, investigating institutional governance and the perceptions of teachers and students across three educational settings in Itumbiara, Goiás, Brazil (public, private, and rural). A critical analysis of official documents and questionnaires administered to four teachers and

81 students revealed that institutional responses were shaped by each institution's capacity for change. The Public School managed the crisis through continuous bureaucratic norm-setting, whereas the Private School demonstrated greater agility by integrating the experience into its Political-Pedagogical Project. Conversely, the Rural School had its specific needs overlooked by centralized guidelines. The results identify common challenges, including teacher exhaustion and student difficulties with concentration and comprehending abstract chemical concepts in the absence of hands-on laboratory work. Although digital resources (simulators, video lessons) were resiliently adopted, they served as inadequate substitutes, leading to a deficit in didactic mediation. A crucial gap was the lack of crisis protocols in pedagogical projects, revealing an absence of a "pedagogy of the unexpected". The study concludes that this experience exposed pre-existing systemic flaws, such as digital capital inequality and insufficient teacher training for digital integration. The legacy of the pandemic should be the development of resilient pedagogical projects that incorporate contingency plans, critical technology training, and active learning methodologies for the Sciences, thereby transforming an emergency response into a foundation for permanent, strategic advancement in education.

KEYWORDS:

Chemistry Education; Emergency Remote Teaching; Learning Difficulties; Digital Tools Potential; COVID-19 Pandemic.

RESUMO GRÁFICO



3.2.1 Introdução

A Química, ciência que investiga a matéria e suas transformações, é fundamental para a formação científica e cidadã. No entanto, no contexto da Educação Básica, a disciplina é frequentemente percebida como de difícil compreensão, um estigma alimentado por abordagens pedagógicas tradicionais. Tais abordagens, pautadas no modelo de transmissão-recepção,

priorizam a memorização de fórmulas e nomenclaturas em detrimento do desenvolvimento de um pensamento crítico. Essa prática fragiliza a conexão entre os conceitos científicos e o cotidiano dos discentes (Gonçalves; Gomes; Lima, 2023), resultando em desinteresse e comprometendo a construção de uma aprendizagem significativa (Dionízio *et al.*, 2019).

Superar esse paradigma exige a adoção de estratégias didáticas que articulem os fenômenos microscópicos da Química com experiências macroscópicas e socialmente relevantes. Em virtude de sua natureza investigativa, o ensino da disciplina demanda um planejamento que promova a pesquisa e o diálogo, transformando o discente em agente ativo na construção do conhecimento (Bedin, 2021). A aprendizagem significativa consolida-se quando os discentes relacionam os fundamentos químicos a fenômenos observáveis (Wenzel; Maldaner, 2014), o que é crucial para despertar o interesse e superar a visão da Química como um saber desconectado da realidade.

O avanço das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) configura-se como um catalisador para a inovação nesse processo. Sua integração estratégica pode transcender as limitações das abordagens tradicionais, facilitando a visualização do mundo microscópico e a simulação de experimentos, o que favorece uma assimilação mais profunda dos conceitos (Dionízio *et al.*, 2019). Contudo, a efetivação desse potencial é obstruída por desafios concretos, como a carência de formação docente para uma utilização pedagógica que vá além do aspecto instrumental e a dificuldade de curar e adequar esses recursos aos objetos de conhecimento (Leite, 2019).

A pandemia de COVID-19 atuou como um catalisador forçado para a inserção tecnológica, impondo a adoção global do Ensino Remoto Emergencial (ERE) (Brasil, 2020). Paradoxalmente, documentos normativos como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) já preconizavam essa integração. A implementação do ERE, no entanto, expôs a lacuna entre a previsão legal e a preparação efetiva do sistema, evidenciando dificuldades como a falta de formação docente e de infraestrutura, o que demandou uma urgente revisão das políticas educacionais (Brasil, 2013; Custódio; Teixeira Junior, 2022).

A implementação abrupta do Ensino Remoto Emergencial (ERE) acentuou desafios estruturais — como a formação docente insuficiente para o uso pedagógico das tecnologias, as desigualdades socioeconômicas manifestadas na "divisória digital", a dificuldade em promover a autonomia dos discentes e a carência de recursos para simulações e experimentos remotos, elementos cruciais para o ensino de Química (Oliveira; Côrrea; Morés, 2020; Appenzeller *et al*., 2020; Garcia *et al*., 2020; Soares *et al*., 2020) —, criando, agravado pelos impactos do isolamento social, um ambiente propício à evasão escolar (Cipriano; Almeida, 2020). Para

compreender as percepções de docentes e discentes nesse contexto, é necessário distinguir três conceitos-chave que estruturam a discussão sobre inclusão digital na educação:

- **Acesso digital**: refere-se à disponibilidade de dispositivos (celulares, computadores) e conexão à *internet*. Constitui o primeiro filtro de participação, pois sem infraestrutura mínima não há possibilidade de inserção no ambiente digital.
- **Igualdade digital**: diz respeito à oferta uniforme de plataformas e materiais digitais para todas as escolas. No entanto, como evidenciado por Gorski (2005), a simples distribuição igualitária de recursos não garante que todos os discentes possam usufruir deles de forma efetiva, já que diferentes contextos sociais e culturais influenciam o uso e a apropriação das tecnologias.
- **Equidade digital**: vai além da igualdade, exigindo que se considerem aspectos como a formação docente para a mediação crítica, a adequação dos conteúdos às realidades locais e o suporte psicossocial aos discentes. Trata-se de reconhecer que condições diferenciadas são necessárias para que todos tenham oportunidades reais de aprendizagem significativa.

É sob essa perspectiva da **equidade digital** que os dados coletados junto às escolas pública, privada e do campo serão analisados, investigando em que medida as respostas institucionais ao Ensino Remoto Emergencial (ERE) conseguiram — ou não — promover justiça educacional e reduzir desigualdades históricas.

Em contrapartida a esse cenário desafiador, observou-se um movimento de resiliência por parte de muitos docentes. Em um esforço para mitigar as limitações impostas pelo ERE e manter o vínculo pedagógico, docentes de Química recorreram a um repertório de estratégias digitais. A adoção de vídeos explicativos, simuladores de fenômenos químicos e jogos didáticos representou uma tentativa de transpor a barreira da distância física e conferir maior concretude aos conteúdos, buscando assegurar um mínimo de engajamento discente em um contexto profundamente adverso (Rocha; Vasconcelos; Sampaio, 2022).

Com o fim do estado de emergência sanitária (OPAS, 2023) e o retorno ao presencial, o sistema depara-se com o desafio de superar os *déficits* de aprendizagem e assimilar as lições do período. Esta transição representa um cenário reconfigurado, que demanda uma análise das lacunas e potencialidades identificadas. É nesse contexto que este estudo se insere, objetivando investigar os desafios e possibilidades do ensino remoto de Química por meio da análise de documentos oficiais e das percepções de docentes e discentes de três realidades educacionais distintas de Itumbiara-GO. A sistematização dessas experiências visa subsidiar a elaboração de

políticas públicas e o desenvolvimento de metodologias híbridas, contribuindo para a construção de um modelo educacional mais resiliente e eficaz.

3.2.2 Metodologia

3.2.2.1 Classificação da pesquisa

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, a qual, conforme Provdanov e Freitas (2013), compreende a relação indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do investigador, materializando-se na interpretação dos fenômenos e na atribuição de significados. Quanto aos objetivos, o estudo é caracterizado como exploratório. De acordo com Marconi e Lakatos (2010), esse tipo de investigação, baseado em um planejamento flexível, permite examinar o tema sob diferentes perspectivas, frequentemente por meio de levantamentos bibliográficos e estudos de caso, o que viabiliza uma compreensão mais abrangente do problema. Nos procedimentos técnicos, caracteriza-se como uma pesquisa documental com ênfase em estudo de caso múltiplo (Gil, 2009; Yin, 2015; Carneiro, 2018). Mascarenhas (2018) distingue essa modalidade da pesquisa bibliográfica por focar na análise de documentos oficiais diretamente relevantes para o objeto de estudo.

3.2.2.2 Local de realização e participantes

O estudo foi conduzido em três instituições de ensino do município de Itumbiara-GO, localizado na região sul do estado: uma escola pública municipal, uma escola pública federal e uma escola privada, situadas nas zonas urbana e rural. A amostra foi composta por 4 docentes (três de Química e um de Ciências) e 118 discentes, sendo 12,7% matriculados no 9º Ano do Ensino Fundamental e 87,3% na 1ª Série do Ensino Médio.

Em observância às normas éticas, todos os participantes e instituições foram identificados por codificações para garantir o anonimato: Escola Pública (EPu), Escola Privada (EPr) e Escola do Campo (EC). O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) (Parecer nº 5.511.888 e Parecer Consubstanciado 8.164.845 – emenda do protocolo de pesquisa), conforme apresentado no Anexo A. Antes da coleta de dados, os participantes e seus responsáveis legais foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e consentiram formalmente por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndices A e B) e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice C).

3.2.2.3 Análise documental sobre a implementação do ensino remoto em diferentes contextos educacionais

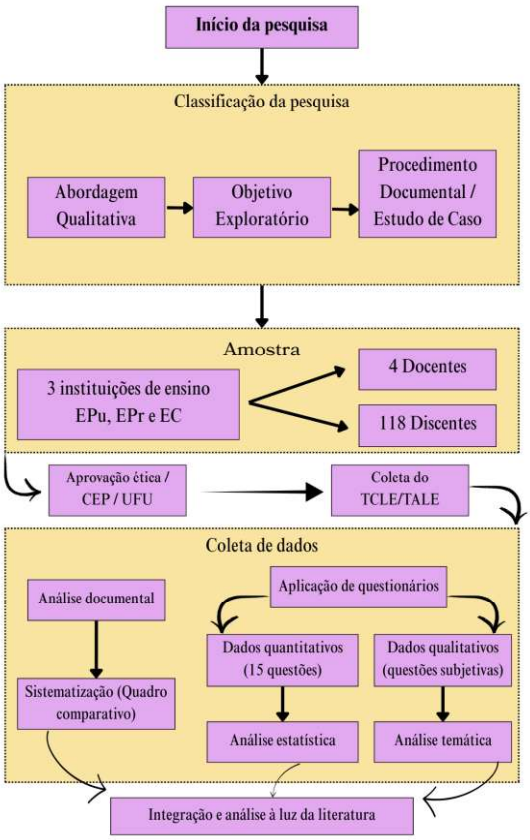
Para analisar a influência da proposta educacional das escolas na implementação do Ensino Remoto Emergencial (ERE), foi realizado um levantamento de documentos oficiais produzidos no contexto pandêmico, disponibilizados eletronicamente pelas diretorias das escolas. Por meio de uma análise crítica desses documentos, examinaram-se as práticas pedagógicas adotadas, identificando os procedimentos implementados por cada escola para o planejamento e execução das atividades letivas remotas. Os dados foram subsequentemente discutidos com base no referencial teórico da pesquisa.

3.2.2.4 Coleta e análise de dados

Para traçar um panorama dos impactos do ERE no ensino de Química, foram elaborados e aplicados dois questionários distintos via *Google Forms*: um para discentes (Apêndice D) e outro para docentes (Apêndice E), cada um contendo 15 questões (objetivas e subjetivas). A construção dos instrumentos considerou as seguintes categorias temáticas: (1) perfil socioprofissional dos docentes e sociocultural dos discentes; (2) comparação entre aulas presenciais e remotas; (3) plataformas digitais adotadas; (4) capacitação docente; (5) domínio de competências em informática; (6) acesso a recursos e infraestrutura de conectividade; (7) frequência de uso de aplicativos educacionais; e (8) percepção sobre a relevância da escola.

Os dados documentais foram sistematizados em um quadro comparativo para análise à luz da literatura. Os dados quantitativos dos questionários foram processados com o auxílio do *software* Excel 2019, com representação gráfica em barras para análise estatística descritiva. As respostas qualitativas às questões subjetivas foram submetidas a uma análise temática, na qual foram selecionados os excertos mais relevantes para uma discussão crítica fundamentada no referencial teórico do estudo (conforme detalhado na Figura 3).

Figura 3: Processo de coleta de dados para a pesquisa sobre o ensino remoto emergencial (ERE).



Fonte: Autoria própria (2026).

3.2.3 Resultados e discussão

3.2.3.1 Caracterização das instituições investigadas baseado nos PPPs e PPCs

3.2.3.1.1 Escola Pública (EPu) - Instituição federal de ensino técnico a nível médio

A EPu corresponde a uma instituição federal de ensino vinculada à Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Localizada na zona urbana do município, a escola oferta cursos técnicos de nível médio (nas modalidades integrada, subsequente e EJA), bem como cursos de graduação. Sua infraestrutura inclui laboratórios didáticos especializados, biblioteca, espaços para pesquisa e extensão, e acesso a recursos tecnológicos como a Plataforma *Moodle*, já utilizada sistematicamente como recurso complementar às atividades presenciais antes mesmo do período pandêmico. A instituição atende a centenas de discentes oriundos de Itumbiara e de cidades da região, caracterizando-se como uma instituição de porte médio com expressiva capilaridade no ensino profissionalizante e superior da microrregião.

3.2.3.1.2 Escola Privada (EPr) – Instituição de Ensino Médio da rede particular

A EPr é uma escola da rede privada de ensino localizada em área urbana de Itumbiara-GO, com atuação prioritariamente no Ensino Médio. Trata-se de uma instituição que, por sua natureza administrativa, dispõe de maior autonomia para reelaborar seus documentos pedagógicos e adequar rapidamente suas práticas diante de situações emergenciais, como evidenciado pela incorporação, já em 2022, de uma seção específica sobre "Ensino Híbrido" em seu Projeto Político-Pedagógico. A escola conta com infraestrutura compatível com as exigências do ensino particular — salas de aula equipadas, laboratórios de ciências, suporte psicopedagógico e técnico-pedagógico — e atende a um contingente de discentes oriundo majoritariamente das camadas médias da população itumbiarense, com maior acesso a dispositivos eletrônicos e conectividade.

3.2.3.1.3 Escola do Campo (EC) – Escola localizada na zona rural de Itumbiara-GO

A EC refere-se a uma unidade escolar da rede pública municipal localizada no meio rural de Itumbiara-GO, mais precisamente no distrito de Santa Rosa do Meia Ponte. A instituição atende discentes desde a Educação Infantil até o 9º ano do Ensino Fundamental, sendo que a maioria dos discentes reside em fazendas da região e depende do transporte escolar — micro-ônibus e kombis — para acesso diário à escola. A escola enfrenta desafios estruturais comuns à educação do campo, como carência de docentes habilitados em áreas específicas (como a Química) e a adoção de um currículo universalizado pela rede municipal, que não atende plenamente às particularidades da realidade rural. Apesar dessas limitações, a unidade demonstrou capacidade de alcance de todos os seus discentes durante o ensino remoto, utilizando tanto meios eletrônicos, quanto atividades impressas, o que evidencia seu esforço de adaptação às condições concretas de sua comunidade.

Essas três realidades institucionais — uma federal com infraestrutura consolidada e gestão normativa complexa; uma privada com agilidade administrativa e foco no atendimento de um público com maior capital cultural e econômico; e uma pública municipal do campo, que lida com as vulnerabilidades típicas da educação rural — oferecem o substrato necessário para compreender as distintas ações que são documentadas no Quadro 3 e as lógicas que orientaram cada processo de normatização do ensino remoto.

3.2.3.2 Análise crítica dos documentos oficiais reguladores do ensino remoto em três instituições educacionais de Itumbiara-GO

A análise dos documentos oficiais — incluindo Projetos Político-Pedagógicos (PPPs), Projetos Pedagógicos de Cursos (PPCs), pareceres, diretrizes, portarias e guias de orientação

— disponibilizados pelas três instituições investigadas (pública, privada e do campo) possibilitou identificar diferentes ações implementadas durante o período de ensino remoto emergencial. Essas variações refletem as especificidades administrativas e normativas próprias de cada contexto educacional.

Em cada documento, foram examinadas, de forma sistemática, as seções que tratavam da implementação do ensino remoto emergencial, dos protocolos sanitários, das estratégias de avaliação, da infraestrutura tecnológica disponível, das diretrizes para a formação e atuação docente, bem como dos mecanismos de interação com a comunidade escolar e das medidas de enfrentamento à evasão.

No Quadro 3, buscou-se explicitar, para cada documento analisado, o foco da investigação — por exemplo, "analisaram-se as seções referentes à implementação do ensino remoto, à avaliação e à infraestrutura tecnológica" —, de modo a oferecer uma compreensão clara do recorte adotado e dos critérios que orientaram a interpretação das fontes documentais. Essa sistematização permitiu não apenas a comparação entre os diferentes contextos institucionais, mas também a identificação de convergências e divergências nas respostas educacionais ao ensino remoto emergencial.

Quadro 3: Normatização do ensino remoto em três escolas (pública, privada e do campo) de Itumbiara-GO.

Instituições de Ensino	Documento	Foco da análise	Ação/Conteúdo do documento
Escola Pública (EPu)	Instrução normativa nº 06, de 24 de julho de 2020.	Regulamento acadêmico para implementação do SEE (diretrizes gerais para cursos presenciais durante a pandemia).	Estabelece o Regulamento Acadêmico para implementação do Sistema de Ensino Emergencial (SEE) nos cursos presenciais de Educação Profissional Técnica de nível médio – nas modalidades articulada integrada, subsequente e Educação de Jovens e Adultos (EJA) –, bem como nos cursos de graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), durante o período de enfrentamento da pandemia de COVID-19.
	Instrução normativa nº 07, de 17 de agosto de 2020.	Regulamento acadêmico revisado para o SEE (alterações em relação à normativa anterior).	Revoga a Instrução Normativa nº 06/PROEN e estabelece o Regulamento Acadêmico

			para implantação do Sistema de Ensino Emergencial (SEE) nos cursos presenciais do IFG, compreendendo a Educação Profissional Técnica de nível médio – nas modalidades articulada integrada, subsequente e EJA – e os cursos de graduação, durante o período de pandemia da COVID-19.
	Resolução 60/2021 - REI-CONSUP/Reitoria/IFG, de 17 de maio de 2021.	Aprovação do Regulamento Acadêmico definitivo do SEE (consolidação e revogação de normas anteriores).	Aprova o Regulamento Acadêmico para implantação do Sistema de Ensino Emergencial (SEE) nos cursos presenciais do IFG, abrangendo a Educação Profissional Técnica de nível médio (nas modalidades articulada integrada, subsequente e EJA) e os cursos de graduação, durante o período de enfrentamento da pandemia de COVID-19, revogando a Instrução Normativa nº 07/PROEN, de 17 de agosto de 2020.
	Plano de ação para o retorno seguro e gradual das atividades presenciais acadêmicas e administrativas IFG - Câmpus Itumbiara.	Procedimentos operacionais para o retorno presencial (normas para docentes, discentes e técnicos).	O presente Plano de Ação Local do IFG-Câmpus Itumbiara tem como objetivo normatizar os procedimentos para o retorno seguro e gradual das atividades acadêmicas e administrativas, direcionando toda a comunidade institucional (docentes, discentes e técnico-administrativos). Sua elaboração foi fundamentada em diagnóstico prévio das atividades de ensino, pesquisa, extensão e gestão desenvolvidas no âmbito do câmpus.
	Projeto Pedagógico Curso Técnico em Eletrotécnica Integrado ao Ensino Médio em Tempo Integral (PPC)	Existência (ou não) de protocolos para gestão em situações emergenciais e uso prévio de ensino híbrido.	A análise do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) do Técnico em Eletrotécnica (2017) evidencia a ausência de

			previsões para situações emergenciais, como o contexto pandêmico iniciado em 2020, bem como de diretrizes para ações gestoras nesses cenários. Contudo, ressalta-se que, mesmo anteriormente à pandemia, a instituição já adotava práticas de ensino híbrido, com o uso sistemático da Plataforma Moodle como recurso complementar às atividades presenciais.
	Projeto Pedagógico Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio em Tempo Integral (PPC)	Existência (ou não) de protocolos para gestão em situações emergenciais e uso prévio de ensino híbrido.	A análise do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) do Técnico em Química (2015) demonstra que o documento, por sua temporalidade anterior à pandemia de COVID-19, não contempla previsões para situações de emergência educacional nem estabelece protocolos para a atuação gestora nesses contextos. No entanto, cabe destacar que a instituição já possuía experiência prévia com modalidades híbridas de ensino, utilizando regularmente a Plataforma Moodle como recurso complementar às atividades presenciais antes mesmo do período pandêmico.
Escola Privada (EPr)	Proposta Pedagógica Regime de Aulas Não Presenciais (REANP)	Estratégias pedagógicas adotadas no ensino remoto (modalidades de aula, avaliação, suporte, interação família-escola).	O presente guia de orientação teve como finalidade propor soluções pedagógicas viáveis para garantir a continuidade do processo educacional durante o distanciamento social decorrente da pandemia de COVID-19, abrangendo especificamente o Ensino Médio. O documento detalha as estratégias adotadas, incluindo: modalidades de aulas síncronas, sistemas de

			avaliação, desenvolvimento de competências em redação e literatura, implementação do projeto *Maker*, suporte psicopedagógico e técnico-pedagógico, adaptação de laboratórios de ciências, processos de recuperação semestral, atividades comemorativas, iniciativas solidárias e mecanismos de interação família-escola.
	Projeto Político Pedagógico – PPP (Ano 2022)	Incorporação pós-pandemia do ensino híbrido no documento (protocolos sanitários, orientações por segmento, consulta às famílias).	A análise do Projeto Político-Pedagógico (PPP) da instituição privada em estudo revela que, após a implementação do ensino remoto, o grupo gestor incorporou ao documento uma seção específica sobre "Ensino Híbrido", a qual contempla tanto o protocolo sanitário para retorno às atividades presenciais quanto orientações detalhadas por segmento da comunidade escolar (corpo discente, docente e técnico-administrativo). Destaca-se ainda que a decisão pelo retorno presencial foi precedida de consulta formal às famílias por meio de instrumento de pesquisa online, demonstrando preocupação com a participação democrática no processo decisório.
Escola do Campo (EC)	Decreto n° 234 de 2020 – consolidado em 22-03-2020.	Instituição do estado de emergência em saúde pública (base legal para suspensão de aulas).	O presente decreto institui estado de emergência em saúde pública no município de Itumbiara, em virtude da infecção humana pelo SARS-CoV-2 (COVID-19), com vigência de 180 dias.
	Decreto Municipal n° 332 de 19 de abril de 2020.	Prorrogação do estado de emergência (alteração do decreto original).	Este documento promove alterações ao Decreto n.º 234/2020, de 16 de

			março de 2020, que instituiu estado de emergência em saúde pública no município de Itumbiara em razão da infecção humana pelo SARS-CoV-2 (COVID-19).
	REANP março de 2020	Instituição do regime especial de aulas não presenciais (primeira regulamentação).	Estabelece o regime especial de aulas não presenciais no Sistema Municipal de Ensino de Itumbiara-GO, como medida de prevenção à propagação da COVID-19.
	REANP abril de 2020_1	Prorrogação do regime remoto até 04/04/2020.	Altera a Resolução CME nº 002/2020, que estabelece o regime especial de aulas não presenciais no Sistema Municipal de Ensino de Itumbiara/GO como medida de contenção à COVID-19, estendendo o ensino remoto até 4 de abril de 2020, com possibilidade de prorrogação conforme diretrizes sanitárias.
	REANP abril de 2020_2	Prorrogação do regime remoto até 30/04/2020.	Altera a Resolução CME nº 002/2020, que institui o regime de aulas não presenciais na rede municipal de ensino de Itumbiara/GO como medida de enfrentamento à COVID-19, prorrogando o ensino remoto até 30 de abril de 2020, com possibilidade de extensão mediante determinação das autoridades sanitárias.
	REANP maio de 2020	Prorrogação do regime remoto até 30/05/2020.	Altera a Resolução CME nº 002/2020, que estabelece o regime especial de aulas não presenciais no Sistema Municipal de Ensino de Itumbiara/GO como medida de prevenção à COVID-19, prorrogando o ensino remoto até 30 de maio de 2020, com possibilidade de extensão

			conforme determinação das autoridades sanitárias.
	REANP junho de 2020	Prorrogação do regime remoto até 30/06/2020.	Altera a Resolução CME nº 002/2020, que institui o regime de aulas não presenciais na rede municipal de Itumbiara/GO como medida de contenção da COVID-19, estendendo sua vigência até 30 de junho de 2020, com possibilidade de prorrogação mediante avaliação das autoridades sanitárias.
	REANP agosto de 2020	Prorrogação do regime remoto até 31/08/2020.	Altera a Resolução CME nº 002/2020, que institui o regime de aulas não presenciais na rede municipal de ensino de Itumbiara/GO como medida de enfrentamento à COVID-19, prorrogando sua vigência até 31 de agosto de 2020, com possibilidade de extensão mediante avaliação das autoridades sanitárias competentes.
	Diretrizes para implementação do Regime Especial de Aulas Não Presenciais (REANP) na rede municipal de Itumbiara/GO (maio/2020)	Orientações operacionais para gestores, docentes e discentes (premissas, organização curricular, atribuições da SME).	Este manual normativo visa orientar gestores, coordenadores, professores e discentes sobre os procedimentos adotados no regime de aulas não presenciais, abordando: (i) Premissas conceituais; (ii) Organização curricular e cronograma; (iii) Diretrizes para o corpo docente e administrativo; e (iv) Atribuições do departamento pedagógico da Secretaria Municipal de Educação (SME).
	Projeto Político-Pedagógico (PPP) – Reestruturação (2022)	Menção aos impactos da pandemia (evasão, aprovação, alcance dos discentes, uso de tecnologias e participação da comunidade).	Analisando o PPP da Escola do Campo, é possível perceber que após o início das atividades remotas o grupo gestor da escola fez menção aos impactos

			da pandemia nos índices de aprovação e de evasão da escola, assim como ressaltou que a unidade de ensino conseguiu atingir todos os seus alunos durante o ensino remoto, seja por meios eletrônicos ou por meio de atividades impressas. É importante destacar que a escola reconhece no documento a participação de toda comunidade escolar, incluindo os responsáveis pelos alunos, para revisar e aprimorar as propostas pedagógicas. Além disso, a escola reconhece a importância do uso efetivo dos recursos tecnológicos no aprendizado dos alunos.

Fonte: Autoria própria (2026).

A análise transversal dos documentos listados no Quadro 3 permite ir além da descrição das ações e adentrar as lógicas institucionais que as orientaram. A EPu demonstra uma gestão por normatização contínua, com sucessivas instruções normativas e resoluções, refinando o Sistema de Ensino Emergencial (SEE). Esse processo, embora possa indicar esforço de adaptação, também reflete a complexidade burocrática das instituições federais. Em contraste, a EPr destacou-se pela emissão de um guia orientador único (Proposta Pedagógica REANP) e, sobretudo, pela internalização da experiência em seu PPP de 2022. Essa diferença ilustra concretamente a 'capacidade de mudança' (Fullan, 2015) discutida adiante.

Já a análise dos documentos da EC, em sua maioria decretos e resoluções municipais de prorrogação do REANP, evidencia uma gestão centralizada pela Secretaria Municipal de Educação. Contudo, é fundamental problematizar se as diretrizes para implementação do REANP consideraram as especificidades da realidade rural. Caldart (2009) e outros teóricos da Educação do Campo defendem que o projeto pedagógico para estas escolas deve ser orientado pelo princípio da contextualização, integrando o currículo ao tempo, ao espaço e ao modo de vida do campo. A ausência dessa discussão nos documentos analisados pode ser um indicativo da invisibilidade das especificidades do campo nas políticas educacionais de emergência.

A análise documental dos Projetos Político-Pedagógicos (PPPs) revela distintas abordagens institucionais frente à implementação do Regime Especial de Aulas Não Presenciais (REANP) para a EPr e EC e o Ensino Remoto Emergencial para a EPu. Tanto a Escola Privada,

quanto a Escola do Campo procederam à atualização de seus PPPs, incorporando explicitamente a utilização de recursos tecnológicos como componente permanente do processo educativo no cenário pós-pandêmico. Em contraste, a Escola Pública manteve Projetos Pedagógicos de Cursos (PPCs) desatualizados, sem revisões que contemplassem as demandas do Ensino Remoto Emergencial (ERE), embora a experiência prévia com a Plataforma Moodle no ensino híbrido tenha representado um fator facilitador na transição para a modalidade remota. Além disso, é importante destacar que a EPu ofereceu curso de capacitação, via Plataforma Moodle, para os docentes e discentes antes da implementação efetiva do ERE em 2020.

A distinção fundamental entre as instituições que revisaram seus PPPs e aquela que manteve documentos desatualizados vai além de uma mera questão burocrática. Reflete o que Fullan (2015) chama de "capacidade de mudança". A Escola Privada e a do Campo demonstraram uma certa agilidade e capacidade de aprender com a crise, incorporando a experiência ao seu projeto de futuro. A Escola Pública, ao manter PPCs desatualizados, pode indicar uma cultura institucional mais rígida ou sobrecarregada, onde a energia foi direcionada quase que exclusivamente para a operacionalização emergencial, sem fôlego para a reflexão e reformulação estratégica dos projetos pedagógicos dos cursos técnicos de nível médio.

A lacuna universalmente identificada nos documentos apresentados pelas três escolas – a ausência de protocolos para transições abruptas – é talvez a constatação mais crucial. Ela revela a falácia de que estávamos "preparados" para a educação digital. Como argumenta Hodges *et al.* (2020), é vital distinguir entre *Ensino Remoto de Emergência* (do qual o ERE é um exemplo) e *Educação Online* planejada. A primeira é uma resposta contingencial; a segunda, um campo de estudo e prática com fundamentação pedagógica própria. A falta de protocolos mostra que as instituições, mesmo as que usavam *Moodle*, não haviam considerado seriamente a possibilidade de uma interrupção prolongada das atividades presenciais. Isso aponta para a necessidade de se pensar uma "pedagogia do inesperado", incorporando a flexibilidade e o planejamento para crises como componentes intrínsecos da gestão educacional no século XXI, tema explorado por Jandrić *et al.* (2020) em discussões sobre educação em tempos de crises globais. A **“pedagogia do inesperado”** (Jandrić *et al*., 2020) pode ser compreendida como uma abordagem educacional que emerge em resposta ao cenário pós-digital, caracterizado pela instabilidade, pelo caos e pela imprevisibilidade, intensificados durante a pandemia com a adoção do ensino remoto emergencial. Esse conceito propõe que o processo educativo não deve se limitar à transmissão de conteúdos previamente estruturados,

mas precisa preparar docentes e discentes para lidar com situações imprevistas, acolher a incerteza e transformar o inesperado em oportunidade de aprendizagem.

Nessa perspectiva, o ensino passa a valorizar a **flexibilidade**, a **desconstrução de saberes cristalizados** e a abertura para o **diálogo genuíno**, entendido como eixo central da experiência educacional. A pedagogia do inesperado, portanto, desloca o foco da previsibilidade curricular para a construção coletiva de sentidos diante de desafios emergentes, favorecendo práticas pedagógicas mais críticas, criativas e responsivas às condições reais vividas pelos sujeitos da educação.

A análise dos documentos normativos (resoluções, pareceres, decretos e manuais orientativos) revela que as três instituições de ensino foram adequadamente respaldadas pelo arcabouço legal vigente, com destaque para a conformidade da manutenção do regime remoto com as diretrizes sanitárias emanadas das esferas municipal, estadual e federal. O arcabouço legal é um dado importante, mas que pode mascarar uma realidade complexa. Kenski (2007) alerta que a simples publicação de portarias e decretos não garante a efetividade das ações. O respaldo legal foi necessário para legitimar ações excepcionais, mas a análise crítica deve questionar se essa normatização de cima para baixo considerou as realidades locais, as condições de trabalho docente e as desigualdades de acesso dos discentes. A conformidade legal é uma condição necessária, mas não suficiente, para uma educação de qualidade em contextos de crise.

No âmbito da integração tecnológica, durante o período de ensino emergencial, os registros institucionais indicam a existência de suporte técnico e ações de capacitação direcionadas ao corpo docente e discente nas três escolas investigadas. Contudo, a implementação abrupta dessa modalidade evidenciou desafios significativos, particularmente entre docentes cuja prática pedagógica estava tradicionalmente ancorada em metodologias presenciais convencionais (como o uso de quadro e giz). Portanto, é necessário considerar também as competências digitais e, sobretudo, o *capital digital* – os recursos sociais e culturais que permitem a um indivíduo usar a tecnologia de forma vantajosa (Selwyn, 2024). Conforme demonstrado por Horta e Rocha (2022), essa transição abrupta reforça a necessidade de políticas públicas voltadas à formação continuada de docentes, visando não apenas o desenvolvimento de competências técnicas, mas também a motivação para a efetiva integração das tecnologias digitais nos processos educativos.

Em síntese, a análise crítica revela que a resposta das três instituições à pandemia foi moldada por fatores interdependentes — cultura organizacional, governança e concepção de tecnologia — que, embora tenham garantido a operacionalização emergencial, não lograram

consolidar um projeto educacional resiliente. A ausência de protocolos para crises futuras evidencia que a "pedagogia do inesperado" ainda não foi internalizada como princípio estruturante da educação contemporânea.

Do ponto de vista **freireano**, essa lacuna reflete a permanência de uma lógica de **adaptação normativa**, em vez de uma prática pedagógica problematizadora e emancipatória. Paulo Freire defendia que a educação deve preparar sujeitos para enfrentar a situação-limite, ou seja, para lidar criticamente com situações imprevistas e transformá-las em oportunidades de reinvenção. A incapacidade institucional de aprender com a experiência traumática do ensino remoto emergencial sugere que ainda prevalece a "educação bancária", centrada em respostas formais e pouco dialógicas (Melo; Vasconcelos; Fonseca Neto, 2022).

Sob a perspectiva **vygotskiana**, a crise expôs a fragilidade das mediações sociais e culturais que sustentam o processo de aprendizagem. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) só se realiza plenamente quando há condições materiais e simbólicas adequadas para a cooperação e a construção coletiva do conhecimento. A priorização da operacionalização tecnológica, sem investimento em capital digital crítico, limitou a mediação docente e reduziu a tecnologia a instrumento de sobrevivência, em vez de recurso para expansão cognitiva e social (Ludovico *et al*., 2025).

Já à luz de **Ausubel**, observa-se que a aprendizagem significativa depende da existência de subsunçores adequados e da disposição do aprendiz em relacionar novos conhecimentos às estruturas cognitivas prévias. A ausência de projetos digitais estruturados e de protocolos pedagógicos consistentes dificultou a ancoragem de novas práticas em referenciais sólidos, resultando em experiências fragmentadas e pouco duradouras (De Sousa *et al*., 2025).

Portanto, mais do que uma adequação normativa, o desafio pós-pandêmico reside em transformar a experiência emergencial em **aprendizado estratégico permanente**. Isso implica:

- Reconstruir os **Projetos Pedagógicos Institucionais** a partir de uma lógica dialógica e crítica (Freire);
- Fortalecer a mediação docente e a cooperação como pilares da inovação pedagógica (Vygotsky);
- Estruturar recursos digitais e currículos flexíveis que favoreçam a ancoragem de novos conhecimentos em contextos significativos (Ausubel).

Pesquisas futuras devem priorizar **estudos longitudinais** que avaliem não apenas a retenção conceitual, mas também os impactos sociais e culturais das metodologias ativas em contextos de crise. Além disso, é crucial investigar as **barreiras sistêmicas e institucionais**

que perpetuam a distância entre a investigação educacional e a prática escolar, de modo a consolidar uma educação capaz de responder criticamente ao inesperado.

Em última análise, a pandemia escancarou que a resiliência educacional não se constrói apenas com tecnologia ou normatização, mas com uma **mudança cultural profunda**, que reposicione o discente como sujeito ativo da aprendizagem, o docente como mediador crítico e a instituição como espaço de diálogo e transformação social.

3.2.3.3 Análise integrada das percepções sobre o ensino remoto de Química: Convergências e divergências entre docentes e discentes

Este estudo investigou as percepções de docentes e discentes sobre a experiência do ensino remoto em Química em três contextos educacionais distintos: público, privado e do campo. Com base na análise preliminar dos dados das Questões 1 e 2, participaram da pesquisa 4 docentes e 81 discentes, cujo perfil sociodemográfico e de atuação é detalhado na Tabela 1.

Tabela 1: Perfil dos participantes da pesquisa.

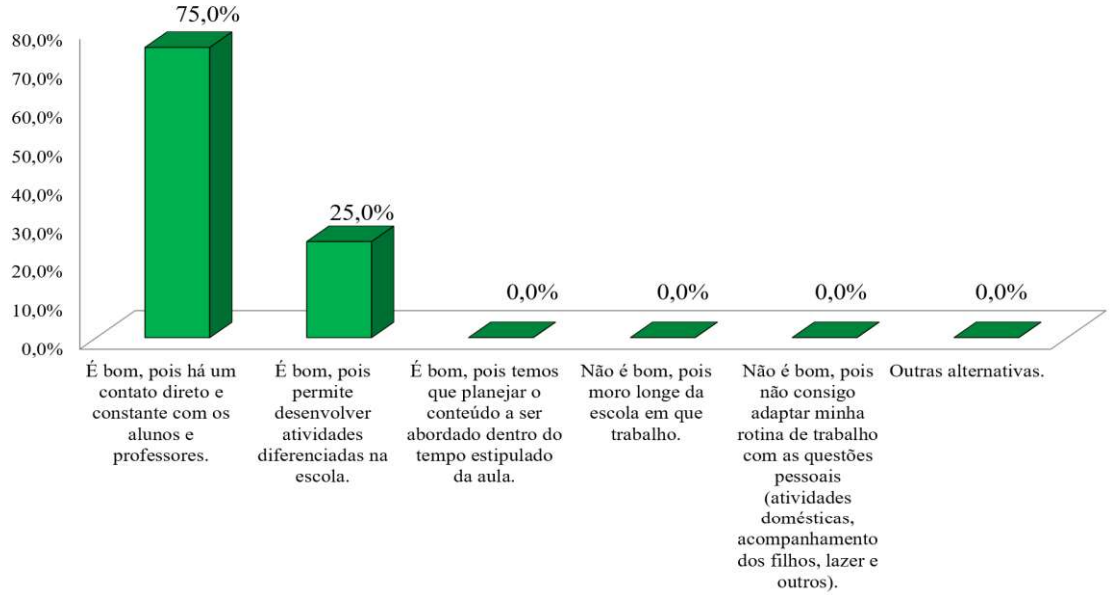
Categoria	**Docentes (*N* = 4)**	**Discentes (*N* = 81)**
Vínculo institucional		
Escola Pública	50%	69,1%
Escola Privada	25%	22,2%
Escola do Campo	25%	8,6%
Disciplina / Série		
Ministram aulas de Química	75%	-
Ministram aulas de Ciências	25%	-
Matriculados na 1ª Série do Ensino Médio	-	91,4%
Matriculados no 9º Ano do Ensino Fundamental	-	8,6%

Fonte: Autoria própria (2026).

Ao serem indagados sobre o significado de ministrar e participar de aulas presenciais (Questão 3), observou-se que tanto os docentes (75%) (Figura 4), quanto os discentes (82,7%) (Figura 5) atribuíram uma avaliação positiva a essa modalidade de ensino, com ênfase na relevância do contato direto e contínuo entre os atores educacionais. Tais achados sugerem uma correlação com as estratégias metodológicas empregadas pelos docentes no formato presencial, as quais favorecem um acesso mais imediato aos esclarecimentos de dúvidas por parte dos discentes. Conforme discutido por Fonseca *et al*. (2021), a carência de interação face a face

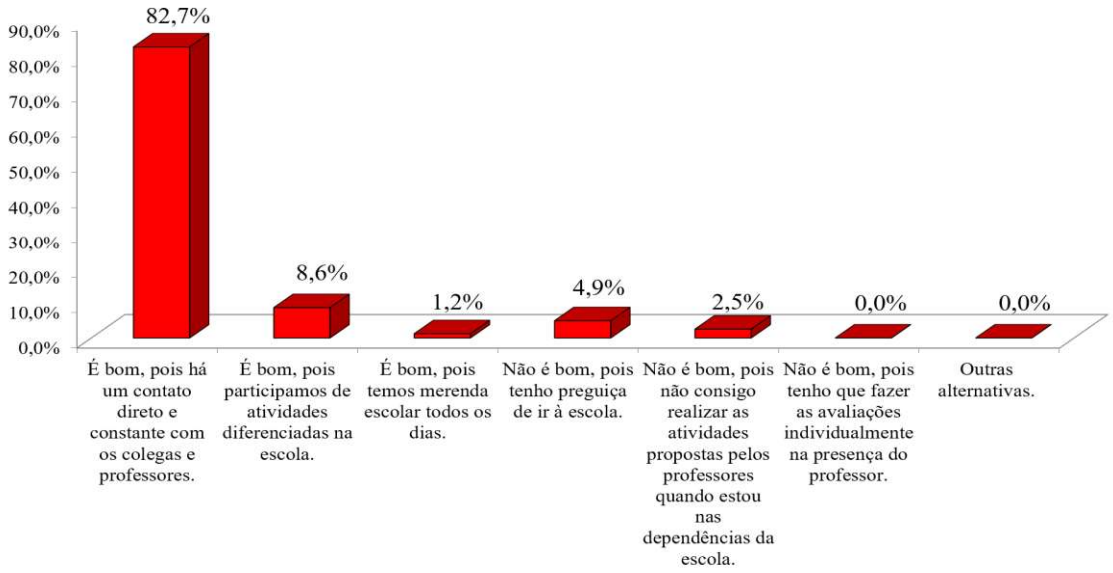
entre docentes e discentes no contexto do ensino remoto demonstrou exercer influência negativa no rendimento acadêmico, corroborando os dados obtidos neste estudo.

Figura 4: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Para você, o que significa ministrar suas aulas de forma presencial?".



Fonte: Autoria própria (2026).

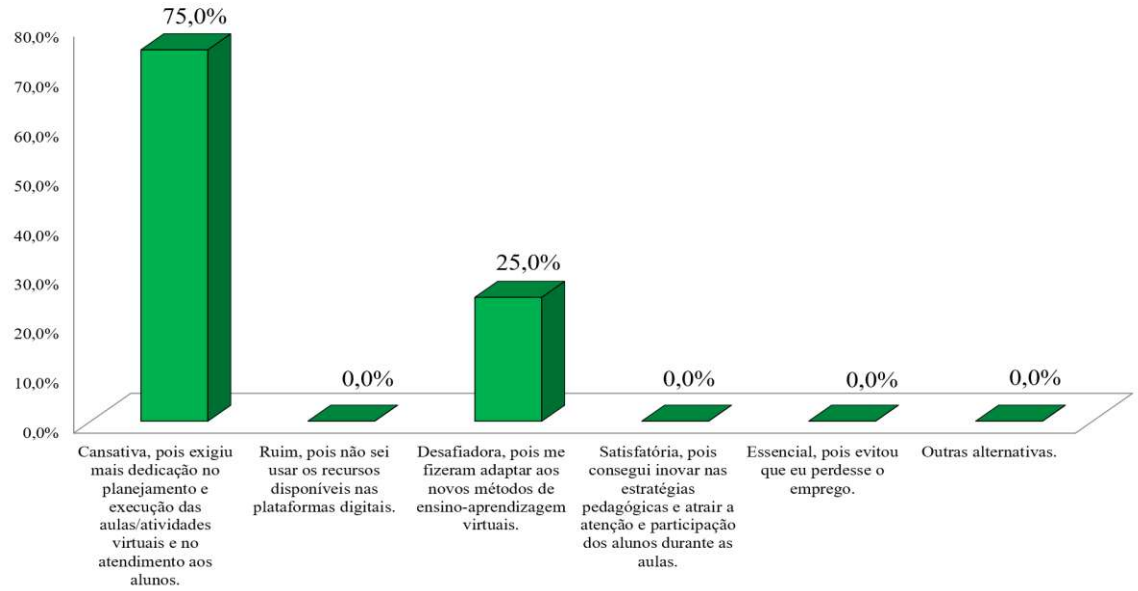
Figura 5: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Para você, o que significa participar das aulas de forma presencial?".



Fonte: Autoria própria (2026).

Na Questão 4, procedeu-se à análise das percepções de docentes e discentes acerca das aulas remotas. Os dados revelaram que 75% dos docentes (Figura 6) classificou as aulas virtuais como exaustivas, em virtude da sobrecarga de trabalho decorrente do planejamento pedagógico adaptado, da execução das atividades didáticas e do atendimento individualizado aos discentes.

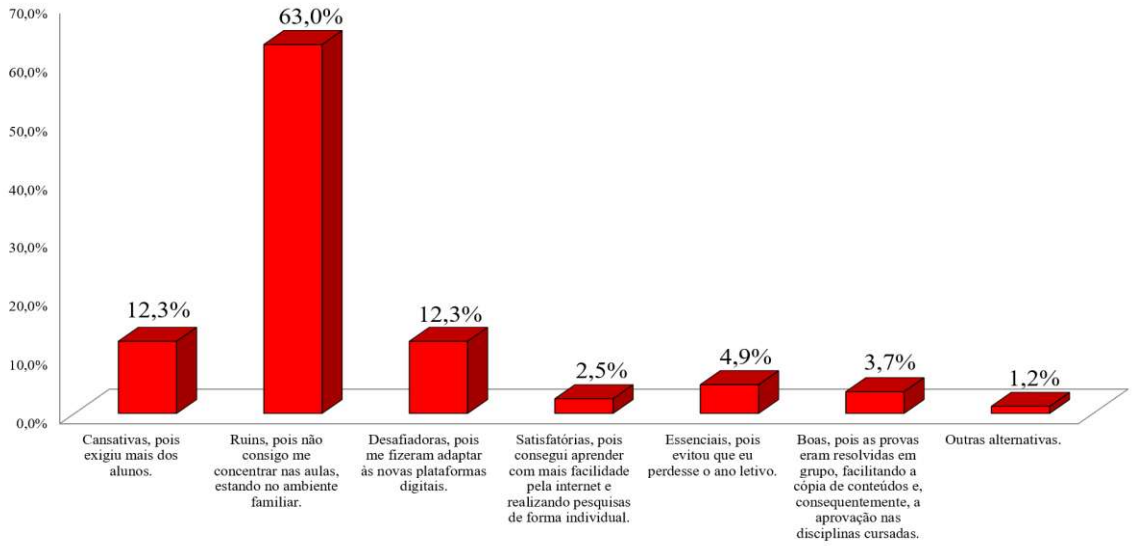
Figura 6: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Em sua opinião, como foi sua experiência ao ministrar aulas virtuais?”.



Fonte: Autoria própria (2026).

Em contraste, 63% dos discentes (Figura 7) avaliaram essa modalidade como insatisfatória, atribuindo tal percepção principalmente às dificuldades de concentração no ambiente doméstico. Os dados revelam uma dissonância significativa nas percepções: enquanto a maioria dos docentes atribui a exaustão à sobrecarga de trabalho, os discentes associam a insatisfação principalmente a questões de concentração no ambiente doméstico. Esses achados convergem com os estudos de Feitosa *et al.* (2020), os quais apontam que o principal obstáculo enfrentado pelos discentes no ensino remoto foi a adaptação ao novo contexto de aprendizagem, enquanto os docentes enfrentaram uma demanda exacerbada de trabalho para garantir um planejamento adequado. Tal cenário foi agravado pela falta de preparo das instituições de ensino para lidar com uma crise sanitária inédita e com a implementação abrupta de um modelo educacional não presencial (Félix; Yamaguchi; Pessoa Júnior, 2024).

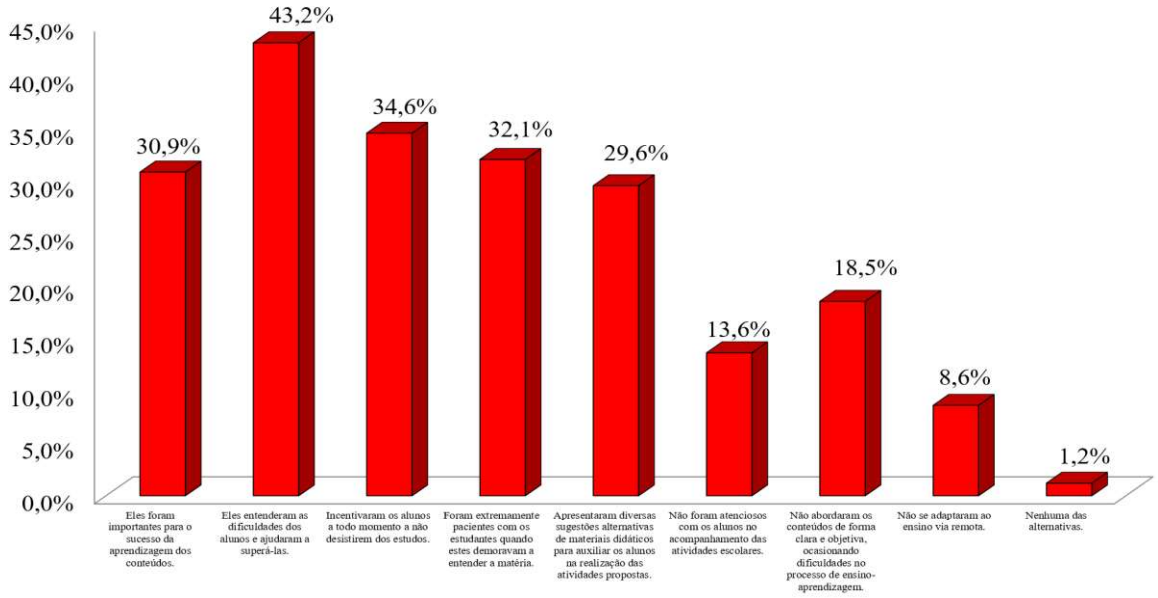
Figura 7: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Em sua opinião, como foram as aulas via remota da sua escola?”.



Fonte: Autoria própria (2026).

Na Questão 5, ao serem interrogados sobre a postura pedagógica adotada pelos docentes no contexto do ensino remoto, 43,2% dos discentes (Figura 8) relataram que os docentes demonstraram compreensão frente às adversidades vivenciadas pelos discentes, ao apresentarem uma postura empática e de suporte para sua superação. Adicionalmente, 34,6% destacaram o estímulo constante à permanência estudantil, evidenciando um esforço docente em mitigar os impactos negativos do afastamento das salas de aula tradicionais.

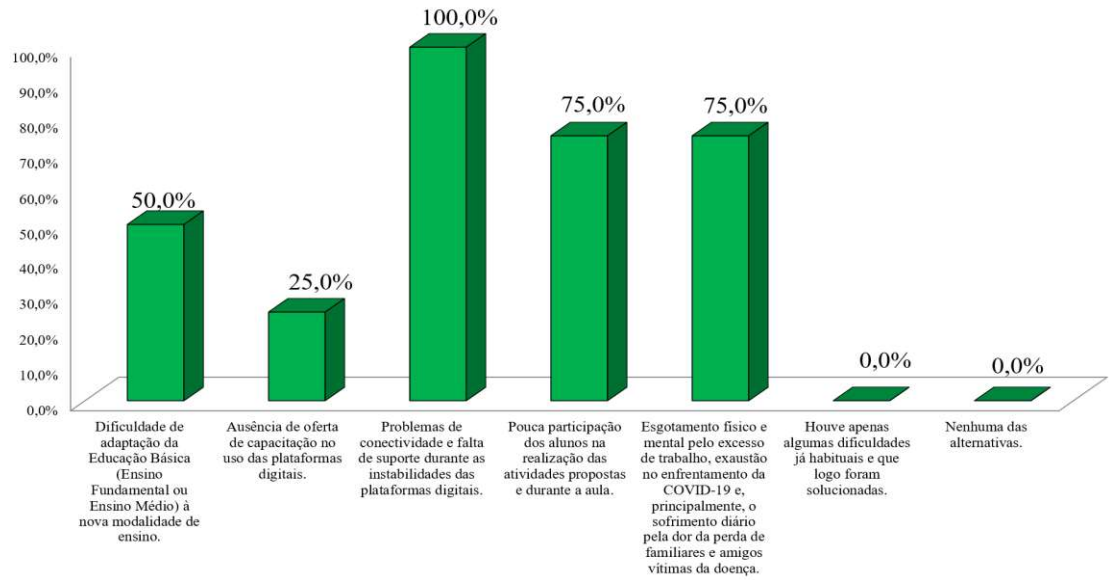
Figura 8: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: “No contexto do ensino remoto, qual foi a postura desempenhada pelos professores? É possível marcar mais de uma alternativa.”.



Fonte: Autoria própria (2026).

Por outro lado, quando inquiridos sobre os principais obstáculos encontrados na modalidade remota (Questão 5), a totalidade dos docentes (100%) (Figura 9) reportou dificuldades técnicas, com ênfase em problemas de conectividade e falta de suporte institucional durante as intermitências das plataformas digitais. Ademais, 75% dos docentes mencionaram a baixa participação discente nas atividades síncronas, bem como esgotamento físico e mental, decorrente tanto da sobrecarga laboral quanto do luto pela perda de entes queridos durante a pandemia da COVID-19.

Figura 9: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "No contexto do ensino remoto, quais foram as principais dificuldades enfrentadas pelos docentes? É possível marcar mais de uma alternativa.".



Fonte: Autoria própria (2026).

A análise integrada das percepções discentes e docentes revela, em consonância com Santos, Silva e Belmonte (2021), uma significativa expansão funcional no exercício docente durante a pandemia de COVID-19, transcendendo as atribuições pedagógicas convencionais para abarcar desde a aquisição autônoma de competências tecnológicas digitais - essenciais para o planejamento e execução das atividades didáticas remotas - até o acolhimento de funções psicossociais como agente motivacional e de suporte emocional para a manutenção do equilíbrio afetivo dos discentes.

Não obstante as adversidades amplamente documentadas, observa-se que o corpo docente, mediante notável capacidade de resiliência, compromisso ético-profissional e criatividade pedagógica, reconfigurou substantivamente suas práticas educativas, emergindo como elemento catalisador na garantia da continuidade do processo educativo, o que evidencia

tanto a capacidade de adaptação, quanto a centralidade desses profissionais na superação dos desafios impostos pelo contexto de ensino remoto emergencial.

A Questão 6 (dissertativa) investigou os principais obstáculos enfrentados por docentes e discentes no processo de exposição e assimilação de conteúdos de Ciências e Química no contexto do ensino remoto. Segundo os professores, três fatores impactaram significativamente o processo ensino-aprendizagem: (1) a ausência de interação presencial, que dificultou a percepção das dificuldades individuais dos discentes; (2) as limitações inerentes aos instrumentos avaliativos digitais (questionários eletrônicos); e (3) a impossibilidade de realização de atividades práticas em laboratório, elemento fundamental para o ensino das ciências naturais. Como estratégias de superação, os docentes relataram a adoção de recursos alternativos, com destaque para videoaulas do YouTube (50% dos casos), seguidos pelo uso de simuladores virtuais de experimentos (25%) e pela utilização de mesas digitalizadoras (25%).

Do ponto de vista dos discentes (Questão 6), os conteúdos que apresentaram maior grau de complexidade foram: estequiometria (12,3%), genética (11,1%) e ligações químicas (7,4%). Para enfrentar essas dificuldades conceituais, os estudantes desenvolveram estratégias de aprendizagem autônoma, destacando-se: (1) a consulta a videoaulas disponíveis em plataformas digitais; (2) a utilização dos plantões de dúvidas realizados via *WhatsApp*; e (3) a formação de redes de apoio entre pares (colegas de classe). Esses achados revelam tanto a resiliência dos atores educacionais, quanto a necessidade de desenvolvimento de metodologias específicas para o ensino de ciências em contextos não presenciais, particularmente no que concerne à superação das limitações impostas pela ausência de atividades práticas laboratoriais.

Tanto os docentes quanto os discentes reconheceram o potencial pedagógico das videoaulas disponíveis na plataforma YouTube como recurso complementar para o ensino de Ciências e Química. Conforme demonstrado por Carrasco (2022), os conteúdos experimentais veiculados nessa plataforma digital configuram-se como ferramentas educacionais relevantes para o ensino remoto de Química, particularmente por sua acessibilidade temporal e espacial. Essa característica de disponibilidade permanente e ubíqua permite aos discentes revisitar os conteúdos conforme suas necessidades individuais de aprendizagem, potencializando a consolidação dos conhecimentos teóricos.

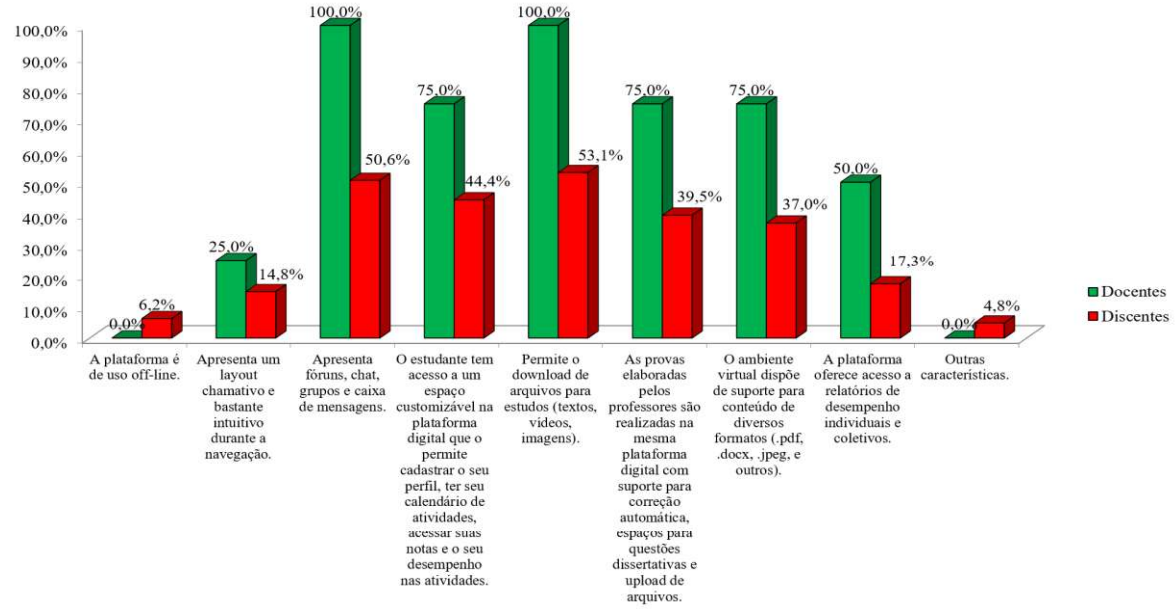
A investigação sobre as ferramentas tecnológicas utilizadas durante o período de ensino remoto (Questão 7) (dissertativa) revelou a predominância de sete plataformas digitais principais, conforme mencionadas por docentes e discentes: *Moodle*, *Google Meet*, *Google Classroom*, *GR8 Escolar*, *Plurall*, *Zoom* e *AVA Sae Digital*. A análise dos relatos docentes indica que essas ferramentas demonstraram eficácia na manutenção da qualidade pedagógica,

permitindo a continuidade do processo educativo em conformidade com os planos de ensino estabelecidos. Esses ambientes virtuais de aprendizagem configuraram-se como pilares fundamentais para a mediação didática no contexto de distanciamento social.

Conforme destacado por Silva, Andrade e Santos (2020), a garantia de equidade no processo educativo exigiu a adoção de abordagens multifacetadas que transcendem o uso exclusivo de plataformas síncronas. Para superar as disparidades no acesso à *internet*, as instituições implementaram um conjunto diversificado de recursos assíncronos, destacando-se: (1) a elaboração de apresentações digitais (*PowerPoint*) como material de apoio; e (2) a distribuição sistemática de aulas gravadas por meio de correio eletrônico (*e-mail*). Essa pluralidade metodológica não apenas mitigou as limitações tecnológicas, mas também promoveu maior flexibilidade no processo de aprendizagem, atendendo às distintas realidades socioeconômicas dos discentes.

Na Questão 8, examinaram-se as principais funcionalidades da plataforma digital adotada pelas instituições de ensino (EPu, EPr e EC) durante o período de ensino emergencial, com base nas percepções de docentes e discentes. Conforme ilustrado na Figura 10, verificou-se que ambos os grupos enfatizaram a disponibilidade de ferramentas de interação síncrona e assíncrona, tais como fóruns de discussão, salas de chat, grupos colaborativos e sistemas de mensagens instantâneas, os quais facilitam a mediação pedagógica entre docentes e discentes. Esses recursos foram citados pela totalidade dos docentes (100%) e por 50,6% dos discentes.

Figura 10: Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Quais são as principais características da plataforma digital adotada por sua escola no ensino remoto? É possível marcar mais de uma alternativa".

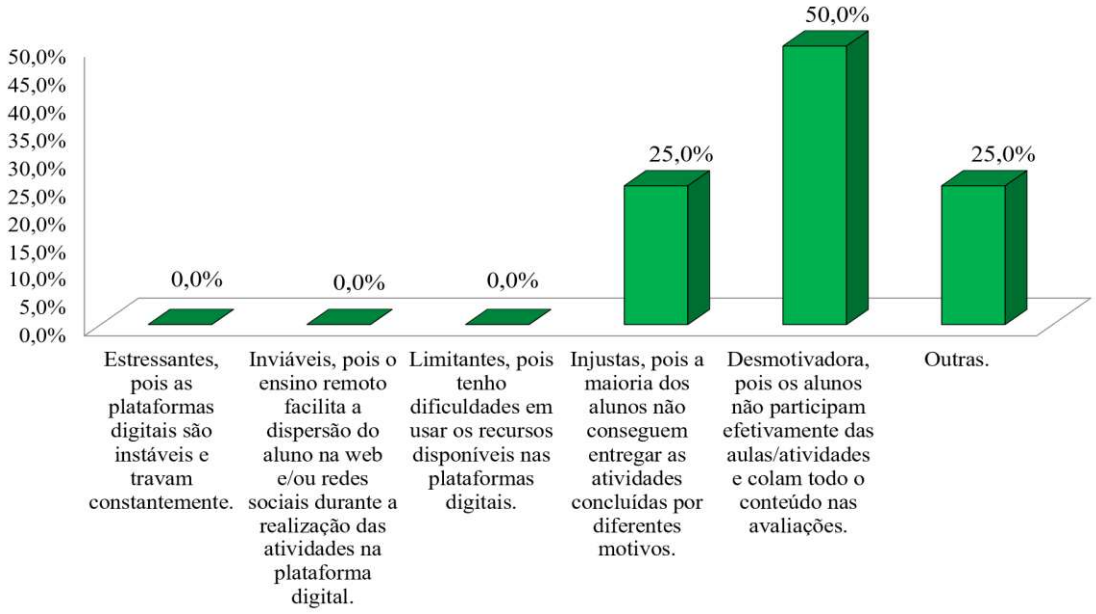


Fonte: Autoria própria (2026).

Adicionalmente, constatou-se que a funcionalidade de *download* de materiais didáticos em formatos diversificados (textos, vídeos e imagens) para consulta *offline* foi referenciada por 100% dos docentes e 53,1% dos discentes. Tais achados corroboram a importância atribuída a esses mecanismos de comunicação e armazenamento de conteúdo no contexto dos ambientes virtuais de aprendizagem implementados pelas instituições investigadas.

No que concerne à qualidade do ensino remoto nas instituições investigadas (Questão 9, Figura 11), constatou-se que 50% dos docentes avaliaram a experiência como pedagogicamente desmotivadora. Essa percepção decorreu principalmente de dois fatores: (i) a baixa participação discente nas atividades propostas, e (ii) a recorrência de plágio em avaliações virtuais, conforme atestado por Fonseca *et al.* (2021). Tais elementos comprometeram significativamente o engajamento discente e a eficácia do processo ensino-aprendizagem nessa modalidade.

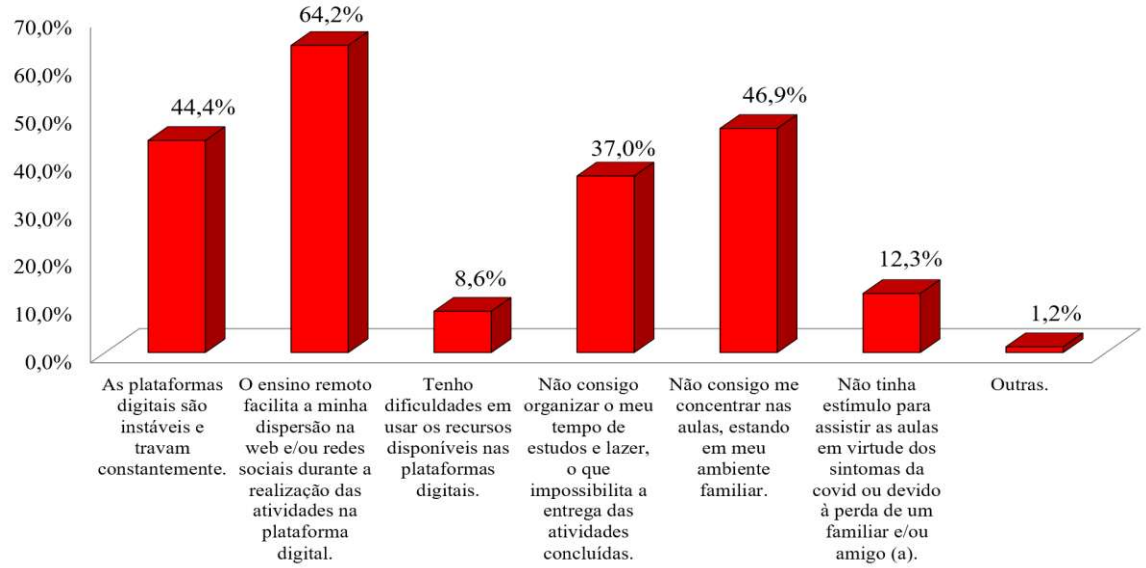
Figura 11: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Como você, docente, avalia as aulas remotas realizadas na sua escola?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Quanto às dificuldades vivenciadas pelos discentes (Questão 9, Figura 12), os dados revelaram que 64,2% dos respondentes atribuíram à modalidade remota um aumento considerável da dispersão digital, caracterizada pelo uso paralelo de redes sociais e navegação *web* durante as atividades pedagógicas. Adicionalmente, 46,9% apontaram o ambiente domiciliar como fator prejudicial à concentração, situação que encontra respaldo na literatura (Silva; Andrade; Dos Santos, 2020), a qual identifica conflitos familiares e demandas de interação doméstica como elementos disruptivos do processo educativo no contexto do ensino remoto.

Figura 12: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Quais as principais dificuldades encontradas por você durante as aulas remotas da escola? É possível marcar mais de uma alternativa."

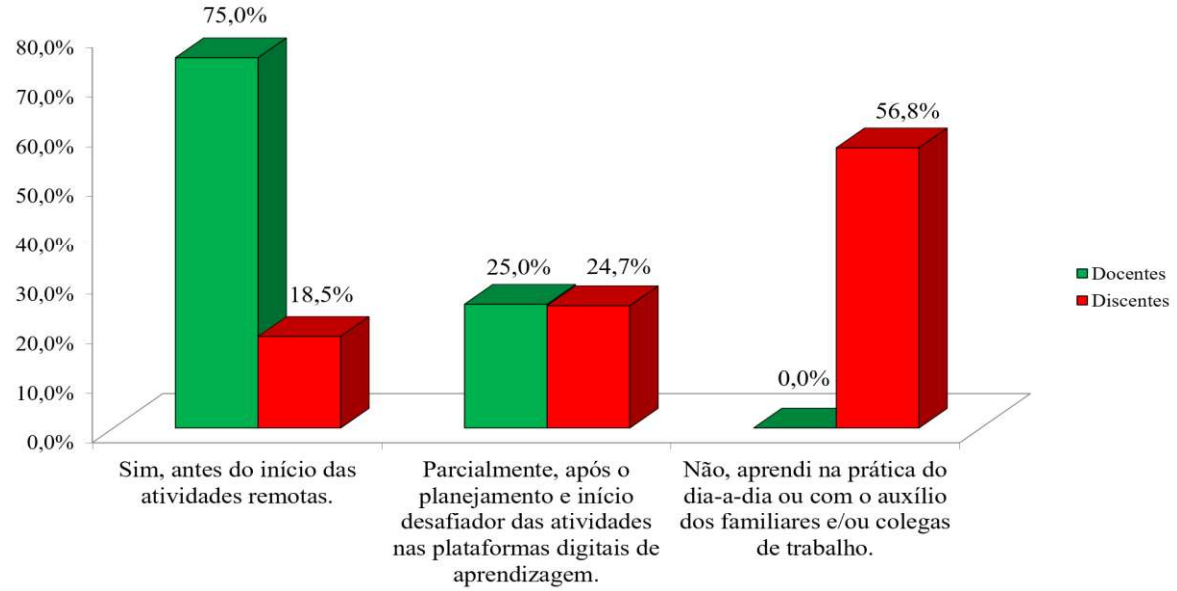


Fonte: Autoria própria (2026).

O advento da pandemia da COVID-19, marcado por incertezas quanto à sua duração, demandou a imediata transposição das atividades pedagógicas - originalmente concebidas para o formato presencial - para ambientes virtuais de aprendizagem. Esse cenário de emergência educacional motivou a investigação, por meio da Questão 10, acerca da existência de processos formativos direcionados à capacitação de docentes e discentes para o uso adequado dessas plataformas digitais.

Os dados revelaram uma assimetria significativa nos processos de formação: enquanto 75% do corpo docente relatou ter participado de capacitações prévias ao início das atividades remotas (Figura 13), a maioria dos discentes (56,8%) declarou não ter recebido treinamento específico, desenvolvendo suas competências digitais de forma emergencial - seja mediante a prática cotidiana, seja por meio de suporte informal de professores, colegas de classe ou familiares (Figura 13). Tal constatação corrobora as observações de Camacho (2020), que enfatiza a necessidade de formação contínua para ambos os atores educacionais, considerando a natureza dinâmica e evolutiva das ferramentas tecnológicas aplicadas à educação.

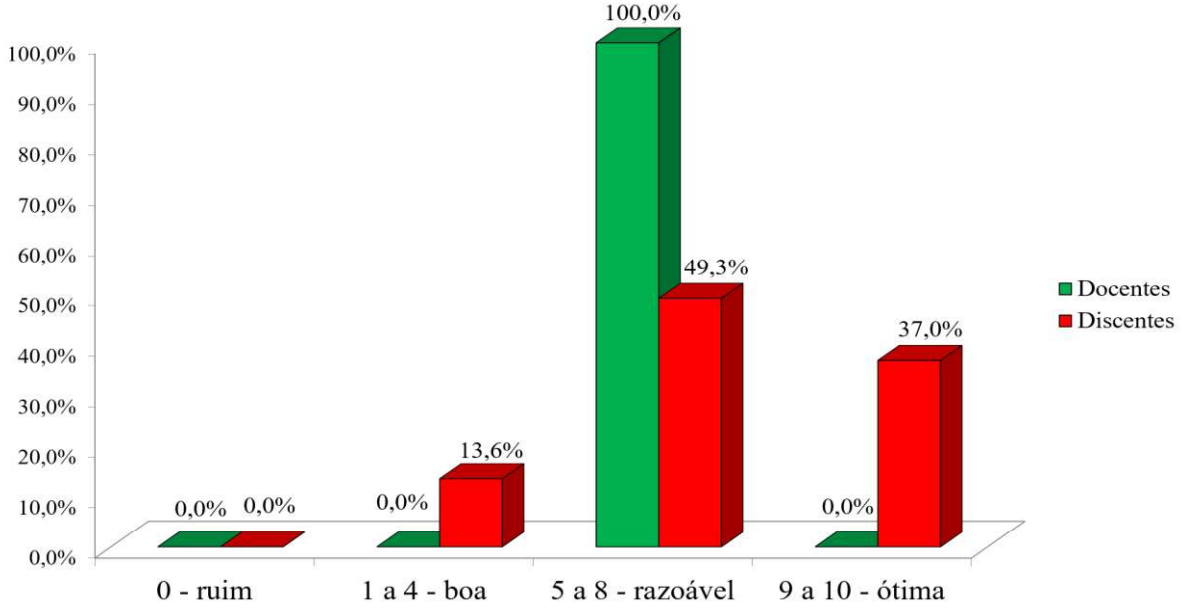
Figura 13: Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Com a transição do sistema educacional presencial para o virtual, houve algum curso de capacitação/treinamento oferecido aos professores e alunos para o uso adequado da plataforma digital adotada pela escola?"



Fonte: Autoria própria (2026).

A análise das competências tecnológicas (Questão 11) revelou que, em uma escala de 0 a 10, a totalidade dos docentes (100%) autoavaliou seu domínio em nível 8, enquanto 69% dos discentes situaram sua proficiência entre 7 e 10 (Figura 14). Essa distribuição indica que, embora ambos os grupos apresentem índices elevados de familiaridade com recursos digitais, os docentes demonstraram maior uniformidade em suas autoavaliações.

Figura 14: Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Em uma escala de 0 a 10, qual o seu nível de familiaridade com a informática?"

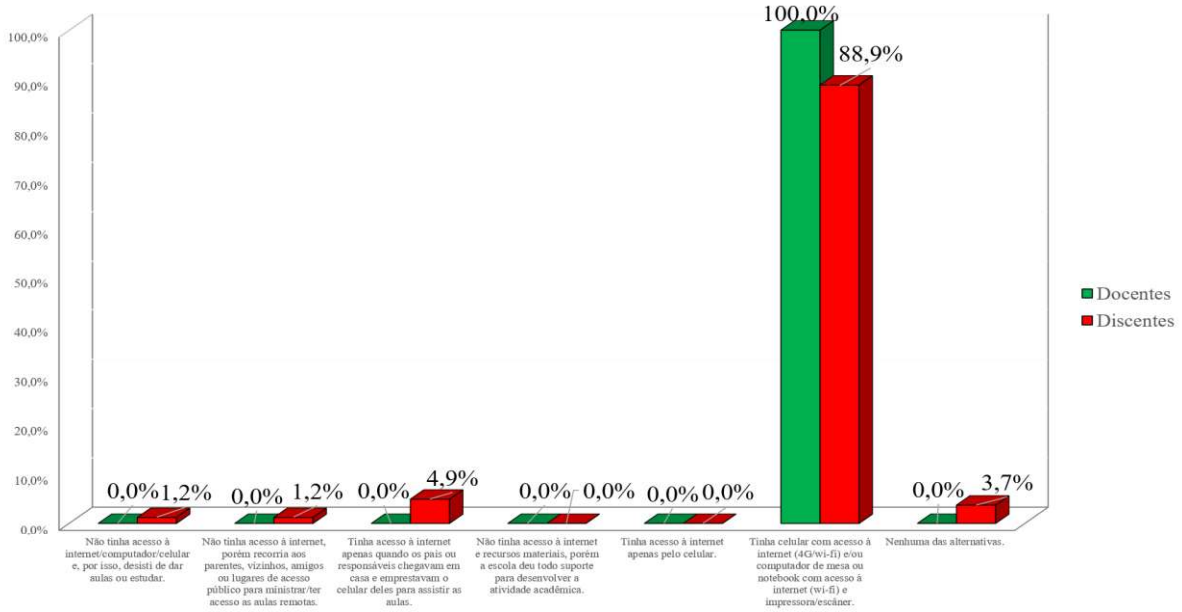


Fonte: Autoria própria (2026).

Os resultados corroboram os achados de Tavares e Melo (2019), que identificaram a presença total das tecnologias digitais na vida dos discentes, tanto em contextos informais de entretenimento quanto em situações formais de aprendizagem. Tal cenário sugere que: (i) as ferramentas digitais configuram-se como elementos potencializadores do processo educativo; e (ii) a apropriação crítica desses recursos por parte dos docentes, articulada às experiências prévias dos discentes, pode favorecer a construção de ambientes de aprendizagem mais eficientes. Nessa perspectiva, torna-se imperativo o investimento contínuo no desenvolvimento das competências digitais docentes, visando otimizar as práticas pedagógicas no contexto da cultura digital.

A Questão 12 investigou as condições de acesso aos recursos audiovisuais e à *internet* durante o ensino emergencial, considerando as perspectivas de docentes e discentes. Todos os docentes relataram possuir celular com acesso à *internet* (4G/*wi-fi*), além de um computador de mesa ou *notebook* conectado à rede (*wi-fi*) e uma impressora/*scanner* (Figura 15). Em contrapartida, 88,9% dos discentes afirmaram ter celular com *internet* (4G/*wi-fi*) e computador ou *notebook* com conexão (Figura 15), indicando uma disparidade entre os dois grupos.

Figura 15: Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Durante as aulas remotas, como estava a sua situação de acesso a recursos audiovisuais e à *internet*?".



Fonte: Autoria própria (2026).

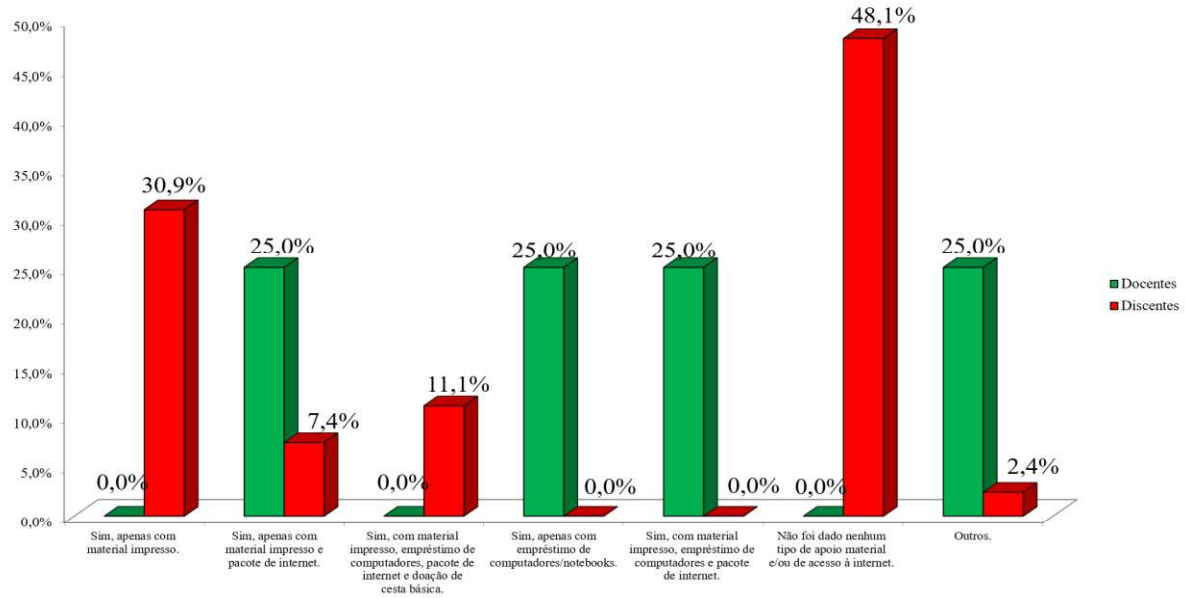
Entretanto, 4,9% dos discentes não dispunham de um aparelho celular próprio, dependendo da disponibilidade dos responsáveis para assistir às aulas gravadas e realizar atividades. Essa realidade evidencia as desigualdades digitais enfrentadas por parcela significativa dos estudantes brasileiros, que carecem de acesso estável à *internet*, equipamentos eletrônicos ou mesmo dispositivos básicos, como *smartphones* (Silva; Silva, 2021). Tais dados

reforçam a necessidade de políticas públicas que garantam a inclusão digital no contexto educacional.

Em relação às condições materiais e ao acesso à *internet* oferecidos pela escola durante o período de atividades remotas (Questão 13), os docentes relataram diferentes formas de suporte: 25% mencionaram receber apenas material impresso; outros 25% obtiveram material impresso combinado com pacote de *internet*; 25% tiveram acesso a empréstimos de computadores ou *notebooks*; e os 25% restantes contaram com um suporte combinado, incluindo material impresso, empréstimo de equipamentos e pacote de *internet* (Figura 16).

Em contraste, a maioria dos discentes (48,1%) declarou não ter recebido qualquer tipo de apoio material ou acesso à *internet* por parte da instituição de ensino (Figura 16). Essa disparidade nas respostas pode estar associada às distintas realidades socioeducacionais das escolas investigadas, refletindo a heterogeneidade de políticas de suporte adotadas durante o ensino remoto emergencial. Apesar desses desafios, Njoki (2020) afirma que docentes e discentes demonstraram resiliência ao adaptar-se às condições adversas, viabilizando o processo de ensino-aprendizagem em um contexto sem precedentes. Contudo, para garantir a sustentabilidade do modelo, são necessários investimentos em infraestrutura digital, ferramentas de monitoramento pedagógico e capacitação docente, visando à equidade no acesso aos recursos digitais e à efetividade do ensino remoto.

Figura 16: Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "A escola deu condições materiais e de acesso à *internet* para a realização das atividades remotas?".

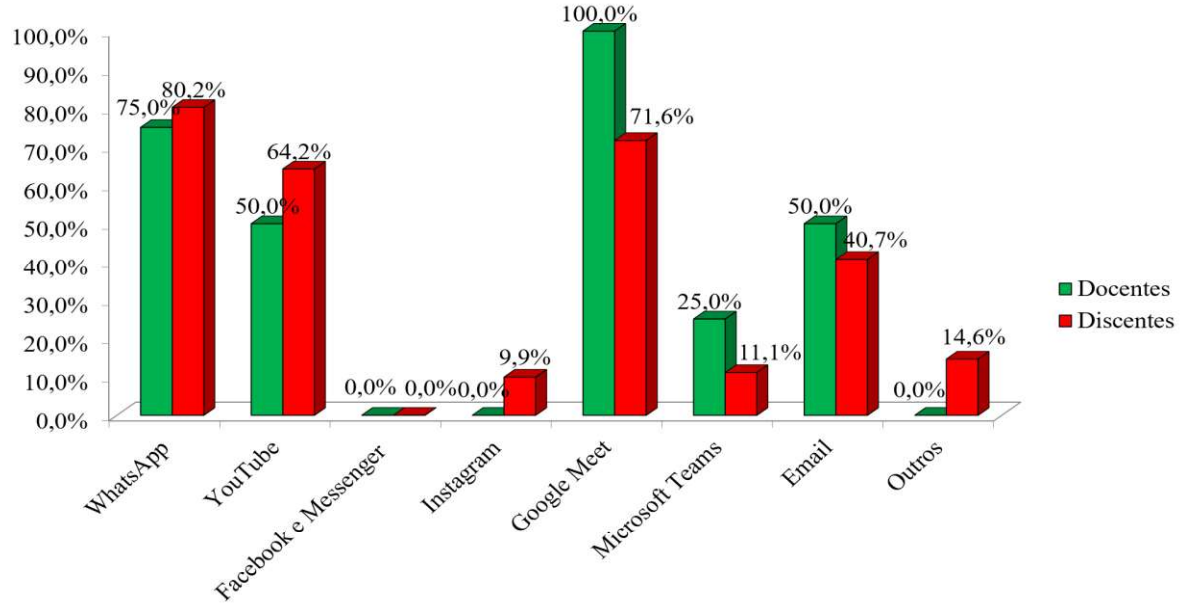


Fonte: Autoria própria (2026).

Os dados da Questão 14 (Figura 17) revelam padrões distintos na utilização de ferramentas digitais por docentes e discentes durante o período de ensino remoto. Entre as plataformas mais adotadas, destacam-se:

- ***WhatsApp***, utilizado por 75% dos docentes e 80,2% dos discentes;
- ***Google Meet***, com adoção universal pelos docentes (100%), contrastando com 71,6% entre discentes;
- ***YouTube***, acessado por 50% do corpo docente e 64,2% dos discentes;
- ***E-mail***, empregado por metade dos docentes (50%) e 40,7% dos discentes.

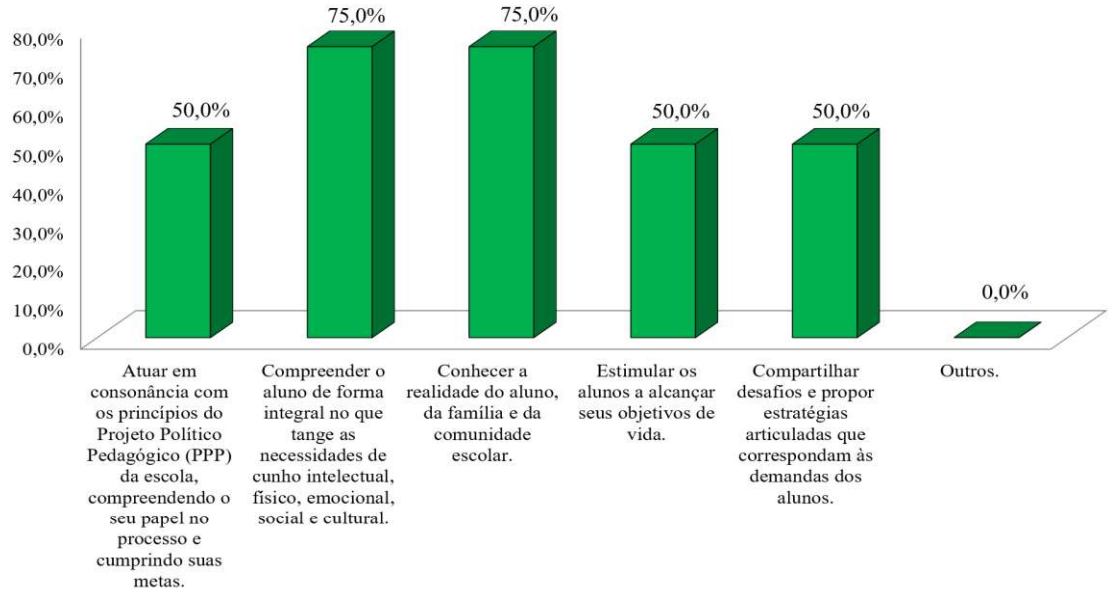
Figura 17: Percentual de respostas quando os docentes e discentes foram indagados sobre: "Qual(is) das seguintes ferramentas/aplicativos você frequentemente utilizou durante a realização das atividades escolares remotas?".



Fonte: Autoria própria (2026).

A análise dos dados da Questão 15 (Figura 18) revela que 75% dos docentes entrevistados consideram fundamental: (i) compreender a realidade sociofamiliar do educando e seu contexto comunitário; e (ii) desenvolver uma abordagem pedagógica integral que contemple as dimensões intelectual, física, emocional, social e cultural do discente. Esses resultados evidenciam a percepção docente sobre a necessidade de uma atuação educacional que ultrapasse os aspectos meramente cognitivos, incorporando as múltiplas facetas do desenvolvimento discente. A percepção docente reflete, portanto, uma adesão aos princípios de uma educação integral e contextualizada, reconhecendo o aluno como um ser multidimensional.

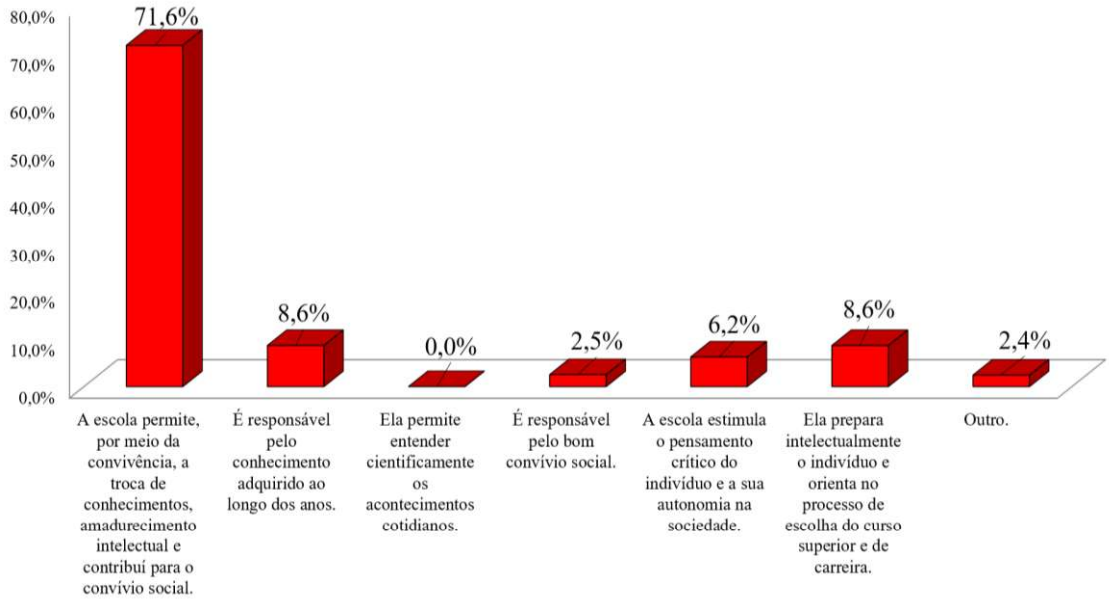
Figura 18: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Em sua opinião, qual(is) a(s) responsabilidade(s) do professor no desenvolvimento intelectual de seus estudantes?”.



Fonte: Autoria própria (2026).

Quando direcionada aos discentes (Figura 19), a mesma questão demonstrou que 71,6% dos respondentes atribuem à escola um papel central na: (a) mediação das interações pedagógicas; (b) construção colaborativa do conhecimento; (c) promoção do amadurecimento intelectual; e (d) facilitação do convívio social. Esses achados sugerem que os discentes valorizam a instituição escolar não apenas como espaço de transmissão de conteúdos, mas como ambiente propício ao desenvolvimento integral e à socialização.

Figura 19: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: “Em sua opinião, qual a importância da escola na vida do aluno?”.



Fonte: Autoria própria (2026).

A revisão da literatura especializada evidencia que o ensino remoto de Química apresenta aspectos positivos e negativos, embora os dados disponíveis ainda sejam insuficientes para uma avaliação abrangente do impacto pandêmico no cenário educacional (Costa *et al.*, 2021). Por um lado, essa modalidade de ensino emergencial mostrou-se essencial para garantir a continuidade do processo educativo durante os dois anos de interrupção das atividades presenciais, mitigando assim os prejuízos decorrentes da paralisação total das atividades pedagógicas.

Por outro lado, a adoção desse modelo revelou desafios particulares no ensino de Química, especialmente devido: (i) à natureza abstrata e microscópica dos conceitos químicos, tradicionalmente mais bem compreendidos por meio de atividades experimentais presenciais; e (ii) à necessidade de os discentes assumirem maior autonomia no processo de aprendizagem, o que representou uma dificuldade adicional para muitos deste público. Esses fatores combinados comprometeram significativamente a eficácia do ensino remoto nesta área do conhecimento.

Os docentes, por sua vez, recorreram a estratégias pedagógicas alternativas, valendo-se de recursos digitais como vídeos disponibilizados no *YouTube* e simuladores virtuais de experimentos científicos, como meio de mitigar possíveis deficiências na assimilação dos conteúdos programáticos. Não obstante, a diversidade de abordagens didáticas implementadas no âmbito do ensino remoto de Química, persiste a probabilidade de que *déficits* cognitivos venham a se manifestar entre os discentes. Tais lacunas no processo de aprendizagem podem, por conseguinte, comprometer a construção de conhecimentos subsequentes nesta área do saber, com reflexos potencialmente significativos nas etapas posteriores da Educação Básica.

3.2.3.4 Da resposta de emergência à construção de um novo paradigma educacional

A análise integrada dos dados documentais e das percepções de docentes e discentes revela que as respostas institucionais ao ensino remoto emergencial não podem ser compreendidas apenas como medidas técnicas ou administrativas, mas como expressões de uma cultura escolar que, em grande medida, ainda se encontra presa a modelos tradicionais de gestão e pedagogia:

- **Governança e cultura institucional –** Paulo Freire já alertava que a educação, quando reduzida a processos formais e prescritivos, corre o risco de se tornar "bancária", depositando as normas e os conteúdos sem promover diálogo e problematização. A ausência de atualização dos PPCs reforça essa lógica de reprodução, em vez de transformação;

◇ **Participação democrática e mediação social –** A Escola Privada (EPr), ao consultar famílias e internalizar a experiência no PPP, sinalizou uma prática mais próxima da perspectiva freireana de diálogo e participação. Do ponto de vista vygotskiano, essa abertura fortalece a mediação social, condição essencial para expandir a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A governança ágil permitiu transformar a experiência emergencial em aprendizado institucional, mostrando que a crise pode ser motor de inovação quando há espaço para cooperação e escuta;

◇ **Educação do Campo e identidade negada –** A situação da Escola do Campo (EC) é a mais crítica, pois a centralização das decisões invisibilizou as especificidades locais. Há a necessidade de contextualização curricular e integração com o modo de vida rural. Aqui, a crítica freireana é novamente pertinente: negar a identidade do sujeito educando é perpetuar uma educação opressora, incapaz de reconhecer o saber popular e a realidade concreta dos discentes.

◇ **Capital digital e desigualdades –** A pandemia escancarou que o acesso a plataformas digitais não equivale à preparação para uma educação *online* crítica. A crise mostrou que, sem condições materiais, tempo e suporte institucional, a tecnologia se torna apenas um sucedâneo emergencial. Vygotsky reforça que os instrumentos culturais (como as tecnologias) só ampliam o desenvolvimento quando mediados adequadamente; sem essa mediação, reforçam desigualdades;

◇ **Mediação pedagógica e aprendizagem significativa –** A impossibilidade de práticas laboratoriais em Química gerou um déficit de mediação didática. Ausubel destaca que a aprendizagem significativa depende da ancoragem de novos conceitos em subsunçores adequados. Sem experimentação concreta, os conceitos abstratos ficaram reféns de representações bidimensionais, aumentando o risco de concepções alternativas.

◇ **Função social da escola –** A valorização esmagadora do ensino presencial por docentes e discentes não é mera nostalgia, mas reconhecimento de que a escola é espaço relacional e de humanização. Freire defendia que a educação é prática de liberdade, construída na interação e no diálogo. A pandemia revelou que a escola não é apenas transmissora de conteúdos, mas espaço de proteção, socialização e construção de vínculos — dimensões que nenhuma tecnologia pode substituir integralmente.

Portanto, a análise integrada dos dados documentais e das percepções de docentes e discentes revela um cenário multifacetado que transcende a mera descrição das ações implementadas durante o ensino remoto emergencial. Os resultados apontam para a necessidade

de uma reflexão crítica que articule a tríade Governança, Cultura Institucional e Capital Digital como eixos centrais para compreender as respostas educacionais à pandemia e projetar um futuro mais resiliente para a educação.

A distinção na gestão da crise entre a Escola Pública (EPu), a Privada (EPr) e a do Campo (EC) ilustra dramaticamente como a arquitetura administrativa influencia a capacidade de resposta. A EPu, ancorada em uma "gestão por normatização contínua", demonstrou um esforço genuíno de adaptação por meio de sucessivas instruções normativas. No entanto, este processo refletiu a complexidade burocrática típica das instituições federais, onde a energia institucional foi consumida pela operacionalização emergencial, deixando pouco espaço para a reflexão estratégica, conforme evidenciado pela manutenção de PPCs desatualizados. Esta realidade corrobora a tese de Fullan (2015) sobre a "capacidade de mudança", sugerindo que a rigidez estrutural pode inibir a agilidade necessária em contextos de crise.

Em contrapartida, a EPr, com sua governança presumivelmente mais ágil, emitiu um guia orientador único e, crucialmente, internalizou a experiência em seu PPP de 2022. Esta não foi apenas uma atualização burocrática, mas a materialização de um "aprendizado institucional", transformando uma medida de emergência em uma diretriz permanente de ensino híbrido. O gesto de consultar as famílias antes do retorno presencial, ainda que pontual, sinaliza uma valorização da participação democrática.

A situação da EC, no entanto, é a mais crítica. A centralização das decisões na Secretaria Municipal de Educação, manifestada na série de decretos de prorrogação do REANP, tornou invisíveis as especificidades do campo. A ausência de qualquer menção à contextualização curricular, princípio defendido por Caldart (2009) e outros teóricos da Educação do Campo, revela uma falha estrutural. As diretrizes foram genéricas, ignorando realidades como a conexão precária à *internet* em zonas rurais, os tempos da agricultura familiar e a integração do currículo com o modo de vida local. Esta é a face mais perversa da desigualdade educacional: a que nega a própria identidade do sujeito educando.

A constatação unânime da ausência de protocolos para transições abruptas nos documentos pré-pandemia é talvez a lição mais crucial deste estudo. Ela desmonta o mito de que a mera existência de plataformas como o Moodle equivalia a uma preparação para a educação digital. Como bem distingue Hodges *et al.* (2020), vivemos um "Ensino Remoto de Emergência", uma resposta contingencial e reativa, e não uma "Educação *Online*" planejada e pedagogicamente fundamentada.

Esta lacuna aponta para a necessidade urgente de se incorporar uma "pedagogia do inesperado", um conceito que pode ser expandido a partir das discussões de Jandrić *et al.* (2020)

sobre educação em tempos de crise. Isso significa ir além da resiliência reativa e passar a uma resiliência proativa. As instituições educacionais do século XXI devem ter planos de contingência educacional que incluam:

- **Protocolos claros:** Para transição súbita entre modalidades (presencial, híbrida, remota).
- **Repositórios dinâmicos:** De recursos educacionais digitais abertos e estratégias pedagógicas testadas para diferentes contextos.
- **Formação docente contínua:** Não apenas técnica, mas focada em *design* instrucional para ambientes virtuais e no desenvolvimento de competências socioemocionais para gerir crises.

A pesquisa evidenciou que, embora o suporte técnico tenha existido, sua atuação mostrou-se insuficiente face à profundidade das desigualdades expostas. A transição para o ensino remoto não apenas exigiu habilidades instrumentais, mas escancarou disparidades no capital digital dos atores educacionais – conjunto de recursos sociais e culturais que viabilizam o uso vantajoso da tecnologia (Selwyn, 2024). Para além do domínio operacional das ferramentas, era necessário dispor de condições materiais (equipamentos, conectividade), tempo e suporte institucional para sua integração pedagógica crítica e eficaz. Nesse contexto desafiador, conforme assinalam Fernandes e Gattolin (2021), a crise pandêmica forçou os docentes a um movimento duplo: transcender práticas consolidadas e engajar-se em um processo de “desaprendizagem” de métodos tradicionais, a fim de reconstruir seus saberes a partir das novas realidades. Dessa forma, ainda que traumática em sua gênese, a incorporação tecnológica mostrou-se irreversível, demandando dos profissionais uma releitura crítica contínua das ferramentas digitais para uma mediação pedagógica verdadeiramente efetiva.

Os relatos docentes de exaustão e sobrecarga vão além do cansaço físico. Eles revelam uma "ampliação funcional invisível" do papel do docente, que, conforme apontado por Santos, Silva e Belmonte (2021), passou a ser, simultaneamente: *design* instrucional, produtor de vídeo, suporte técnico, tutor *online* e, fundamentalmente, um suporte psicossocial para discentes em sofrimento. A baixa participação discente e os casos de plágio não são apenas falhas de aprendizagem, mas sintomas de um ecossistema educacional sob estresse máximo, onde a relação pedagógica, base do processo educativo, foi profundamente fragilizada.

Os resultados sobre o ensino de Química são particularmente elucidativos. A impossibilidade de atividades práticas laboratoriais criou um "déficit de mediação didática" difícil de ser sanado. Conceitos abstratos e microscópicos, como estequiometria e ligações

químicas, que são tradicionalmente construídos por meio da experimentação e da interação direta, ficaram reféns de representações bidimensionais.

As estratégias alternativas adotadas – videoaulas no YouTube e simuladores –, embora válidas e demonstradoras da criatividade docente, operam numa lógica de "sucedâneos do real". Elas ilustram o que Bachelard (1996) chamaria de obstáculos epistemológicos no ensino das ciências: a falta da experiência concreta pode reforçar visões distorcidas e não-críticas dos fenómenos químicos. Isto não desmerece tais recursos, mas alerta para o fato de que sua utilização deve ser intencional e crítica, evitando uma abordagem meramente ilustrativa e passiva.

A valorização esmagadora do ensino presencial por docentes e discentes (75% e 82,7%, respectivamente) não é uma mera nostalgia. É o reconhecimento de que a escola é, antes de tudo, um "espaço relacional e de humanização". As respostas às questões 15 e 16 reforçam isso: docentes veem seu papel no desenvolvimento integral do discente, e estes veem a escola como fundamental para o amadurecimento intelectual e a socialização. A pandemia escancarou que a função social da escola vai muito além da transmissão de conteúdos; é um espaço de proteção, de construção de vínculos e de experiência coletiva.

3.2.4 Conclusão parcial

A análise crítica empreendida neste estudo revela que a pandemia de COVID-19 atuou menos como uma ruptura inédita e mais como um **espelho das fissuras históricas** do sistema educacional. A ausência de protocolos nos PPPs/PPCs não é apenas uma lacuna documental, mas evidencia uma cultura escolar ancorada na previsibilidade e na permanência do modelo presencial, incapaz de lidar com a “situação-limite” de que fala **Paulo Freire**. A resposta emergencial, marcada por resoluções e decretos, garantiu a continuidade, mas operou sob a lógica da reação imediata, sem se converter em transformação estratégica. A eficácia dessas respostas foi mediada pela governança institucional.

A Escola Pública, ao se apoiar em normatizações contínuas, reproduziu uma lógica burocrática que consome energia em processos formais, mas pouco favorece a inovação pedagógica. Esse movimento reflete a crítica freireana à “educação bancária”, centrada em prescrições e transmissões, em vez de diálogo e problematização. A Escola Privada, ao internalizar a experiência em seu PPP, aproximou-se de uma prática mais dialógica e participativa, alinhada à ideia de que a educação deve ser construída coletivamente. Já a invisibilidade da Escola do Campo expõe a negação da identidade do sujeito educando,

contrariando tanto os princípios da Educação do Campo (Caldart, 2009) quanto a perspectiva freireana de valorização dos saberes locais.

Os desafios cotidianos do ensino remoto — da concentração discente à sobrecarga docente — revelam a frágil integração entre **capital digital individual** e **capital digital institucional**. Aqui, a contribuição de **Vygotsky** é central: o desenvolvimento cognitivo depende da mediação social e cultural. Sem infraestrutura, suporte psicossocial e formação crítica, a tecnologia se reduz a instrumento de sobrevivência, incapaz de expandir a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A percepção discente de que o modelo facilitou a aprovação, ao esvaziar o processo avaliativo, reforça a crítica de Freire de que a educação não pode se reduzir a certificação, mas deve ser prática de liberdade e conscientização.

No ensino de Química, a ausência de práticas laboratoriais gerou um déficit de mediação didática. **Ausubel** enfatiza que a aprendizagem significativa depende da ancoragem de novos conceitos em subsunçores adequados. Sem experimentação concreta, conceitos abstratos ficaram reféns de representações bidimensionais, aumentando o risco de concepções alternativas. A valorização do ensino presencial por docentes e discentes não é mera nostalgia, mas reconhecimento de que a escola é espaço relacional e de humanização. Para Freire, a educação é prática de liberdade construída no diálogo; para Vygotsky, é processo coletivo de mediação; para Ausubel, é construção significativa que exige contexto. A pandemia revelou que a função social da escola vai muito além da transmissão de conteúdos: ela é espaço de proteção, socialização e construção de vínculos.

Em síntese, o legado do ensino remoto emergencial não pode ser o retorno a um "normal" já defasado. O futuro da educação exige projetos pedagógicos que incorporem:

- Protocolos de contingência que preparem para o inesperado;
- Formação docente contínua voltada para mediação crítica e cooperação (Vygotsky);
- Equidade digital como princípio estruturante, garantindo acesso e condições de uso significativo;
- Metodologias ativas que favoreçam a aprendizagem significativa e a ancoragem conceitual (Ausubel).

Portanto, transformar a experiência traumática em aprendizado estratégico permanente é um imperativo político-pedagógico. Só assim será possível consolidar uma educação resiliente, contextualizada e intencionalmente híbrida, capaz de preparar docentes e discentes não apenas para os conteúdos curriculares, mas para os desafios e incertezas do século XXI.

3.3 CAPÍTULO III - ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO: Desenvolvimento de aplicativo e *website* para o ensino híbrido de eletroquímica na Educação Básica[5]

[5] Parte dos resultados apresentados neste capítulo encontra-se publicada no artigo citado a seguir: FERNANDES, M. M.; GOULART, S. M.; AMARAL, F. A.; CANOBRE, S. C. Electrochemistry in Everyday Life: Evaluation of a Learning Sequence Supported by Digital Tools in Diverse Educational Contexts. **J. Chem. Educ.**, 2026. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00662.

ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO: Desenvolvimento de aplicativo e *website* para o ensino híbrido de eletroquímica na Educação Básica

ELECTROCHEMISTRY IN EVERYDAY LIFE: Development of an app and a website for the hybrid teaching of electrochemistry in Basic Education

Maraína Medeiros Fernandes
Simone Machado Goulart
Fábio Augusto Amaral
Sheila Cristina Canobre

RESUMO

Esta pesquisa investiga a eficácia de uma sequência didática estruturada para o ensino de eletroquímica em três contextos educacionais brasileiros distintos (público, privado e do campo). Fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos (3 MPs: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento), a intervenção integra um aplicativo *offline* e um *website* como mediadores para promover a compreensão fenomenológica em detrimento da memorização algorítmica. Adotando uma abordagem qualitativa com 118 discentes e quatro docentes, o estudo avalia o impacto no engajamento e na aprendizagem significativa. A coleta de dados incluiu observação participante, avaliações das respostas das atividades avaliativas e análises das plataformas digitais. Os resultados indicam que a vinculação de experimentos de baixo custo — como pilhas caseiras — com desafios digitais contextualizados aumentou significativamente o engajamento, especialmente nos contextos Público e Rural, onde 86% dos discentes concluíram as tarefas. Em relação à compreensão conceitual, a transição da problematização para a organização do conhecimento resultou em ganhos mensuráveis, com 50% dos discentes da Escola Pública dominando a avaliação final. Esses achados sugerem que a integração de metodologias ativas com ferramentas digitais acessíveis (modelos híbridos) permite que os discentes estabeleçam pontes entre fenômenos macroscópicos e representações submicroscópicas. A abordagem demonstra potencial robusto para mitigar disparidades educacionais em ambientes com infraestrutura limitada, oferecendo uma estratégia escalável para o ensino contextualizado de química que prioriza a alfabetização científica sobre o cálculo mecânico.

PALAVRAS-CHAVE

Eletroquímica; Ensino Fundamental/Médio; Aprendizagem Baseada em Computador; Aprendizagem Baseada em Multimídia; Testes; Avaliação.

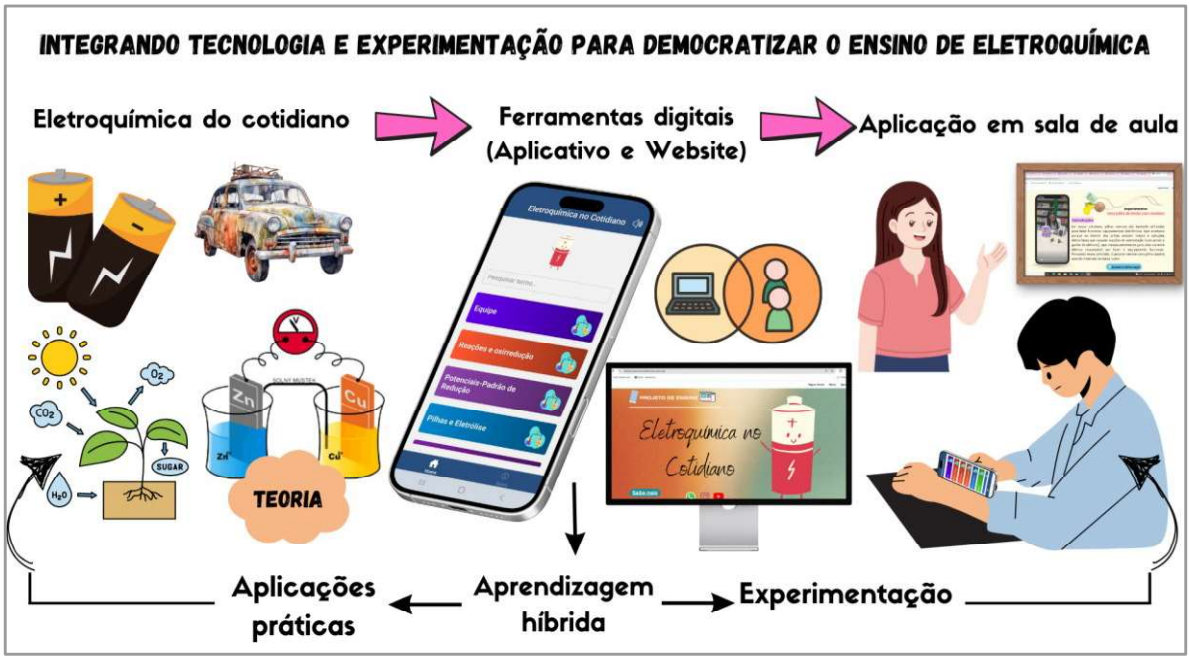
ABSTRACT

This research investigates the effectiveness of a structured didactic sequence for teaching electrochemistry across three distinct Brazilian educational contexts (public, private, and rural). Grounded in the Three Pedagogical Moments (3 PMs: Initial Problematization, Knowledge Organization, and Knowledge Application), the intervention integrates an offline application and a website as mediating tools to promote phenomenological understanding over algorithmic memorization. Adopting a qualitative approach with 118 students and four educators, the study assesses the impact on engagement and meaningful learning. assessment of responses to

evaluative activities, and analysis of digital platforms. The results indicate that linking low-cost experiments — such as homemade batteries — with contextualized digital challenges significantly increased engagement, particularly in the Public and Rural contexts, where 86% of the students completed the tasks. Regarding conceptual understanding, the transition from problematization to knowledge organization yielded measurable gains, with 50% of the students from the public school mastering the final assessment. These findings suggest that integrating active methodologies with accessible digital tools (hybrid models) enables students to establish bridges between macroscopic phenomena and submicroscopic representations. The approach demonstrates robust potential to mitigate educational disparities in settings with limited infrastructure, offering a scalable strategy for contextualized chemistry teaching that prioritizes scientific literacy over mechanical calculation.

KEYWORDS:
Electrochemistry; Elementary/High School Education; Computer-Based Learning; Multimedia-Based Learning; Tests; Assessment.

RESUMO GRÁFICO



3.3.1 Introdução

O avanço tecnológico ampliou o acesso às ferramentas digitais, destacando a importância da educação científica para a sua aplicação no ensino (Guimarães *et al*., 2022). Essas transformações tornaram-se ainda mais evidentes durante a pandemia da COVID-19, quando o isolamento social intensificou o uso de tecnologias digitais na educação, substituindo o ensino presencial pelo remoto e exigindo a adaptação de metodologias pedagógicas (Moreira; Henriques; Barros, 2020).

A modernização tecnológica, com o uso de celulares, *tablets* e *notebooks*, impactou a Educação Básica e Superior, integrando as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) ao cotidiano escolar (Barbosa Júnior; Viana, 2021). Essas ferramentas permitem personalizar o ensino, acompanhar o aprendizado em tempo real, modernizar avaliações e desenvolver habilidades como pensamento crítico e colaboração (Pereira; Leite, 2020).

Com o fechamento das escolas durante a pandemia, plataformas como *Google Meet*, *Moodle* e *Google Classroom* tornaram-se essenciais para atividades síncronas e assíncronas (Furtado *et al.*, 2022). Embora o ensino presencial de Química e as práticas laboratoriais sejam insubstituíveis, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) ganharam espaço, seja no ensino híbrido ou em situações emergenciais (Fiori; Goi, 2020), a fim de complementar e tornar mais interessante o processo ensino-aprendizagem.

As TICs também facilitam a implementação de metodologias ativas, como o modelo de laboratório rotacional, em que os discentes alternam entre aulas expositivas e atividades digitais (Souza; Silva, 2020). Essa abordagem promove aprendizagem colaborativa e contextualizada, aproximando os conteúdos da realidade dos discentes (Guimarães *et al*., 2022).

A integração das TICs na educação transformou o papel do docente, que, mantendo sua centralidade no ensino, passou a atuar como mediador das tecnologias (Schuartz; Sarmento, 2020). Recursos Didáticos Digitais (RDDs), como aplicativos educacionais, vêm se destacando por suas abordagens inovadoras, promoção da autonomia discente e adaptabilidade a diferentes contextos (Policarpo; Bergmann, 2021). Estudos demonstram que ferramentas como simuladores e *quizzes* interativos fomentam o pensamento crítico, enquanto Laboratórios Virtuais de Química melhoram o desempenho acadêmico, facilitando a montagem experimental, a compreensão de conceitos abstratos e a articulação teórico-prática (Climent-Bellido, 2003). Adicionalmente, pesquisas como a de Youssef (2022) evidenciam que plataformas como o *Kahoot!* aumentam o engajamento, fornecem *feedback* imediato e complementam o ensino tradicional, sendo particularmente úteis para questões conceituais e exercícios curtos.

Entretanto, a maioria dessas ferramentas apresenta limitações críticas que podem excluir grupos estudantis vulneráveis: **(1) dependência de conexão estável**, como no caso do *Kahoot!* (Youssef, 2022) e *Google Classroom* (Furtado *et al.*, 2022), inviabilizando seu uso em regiões com infraestrutura precária; **(2) barreiras de custo e acessibilidade**, visto que *softwares* como *Labster* (Finkelstein *et al.*, 2005; Moore *et al*., 2014) e *PhET* (Thisgaard; Makransky, 2017; Hawkins; Phelps, 2013) frequentemente possuem versões pagas, ausência do idioma português ou desalinhamento curricular, limitando sua aplicação no contexto educacional brasileiro; **(3)**

falta de adaptação ao currículo brasileiro, como observado no *Website Quimik* (Galvan; Hoffmann, 2012) e jogos eletroquímicos (Jesus; Nunes, 2022), que não atendem às especificidades do Ensino Médio; e **(4) indisponibilidade da funcionalidade *offline***, recurso fundamental para regiões rurais e países periféricos com conexões precárias ou intermitentes (Mustafa; Nguyen; Gao, 2024), disponível apenas em soluções limitadas, como o aplicativo proposto nesta pesquisa.

A eletroquímica configura-se como um tópico de elevada complexidade para grande parte dos discentes, sobretudo em virtude da dificuldade em estabelecer conexões entre seus fundamentos teóricos e o espectro de aplicações presentes no cotidiano (Ferreira; Gonçalves; Salgado, 2021). Em contrapartida, para o docente, essa realidade exige uma grande habilidade para que o processo ensino-aprendizagem se torne significativo para o discente (Venturi *et al*., 2021). Estes frequentemente apresentam dificuldades em conceitos como oxirredução, pilhas e potencial padrão, desenvolvendo concepções equivocadas (Arnaud; Fernandez, 2024).

A introdução tardia e superficial desses conceitos — geralmente no final do Ensino Médio — agrava o problema (Almeida; Marcelino; Machado, 2020). Para superar essas barreiras, estratégias como simuladores, experimentos virtuais e jogos educativos têm sido adotadas, tornando o aprendizado de eletroquímica mais dinâmico e significativo (Silveira *et al.*, 2023). No entanto, como discutido anteriormente, essas soluções não atendem às expectativas das escolas públicas e do campo, uma vez que nestas localidades, em sua maioria, há carência de recursos digitais gratuitos e de uso *offline*, adaptados à realidade local e alinhado aos preceitos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A abordagem lúdica tem se mostrado eficaz no ensino de Química na Educação Básica, integrando motivação e desenvolvimento cognitivo na construção de conceitos científicos. Santana (2016), baseando-se na teoria sociocultural de Vygotsky, avaliou o jogo *Autódromo Alquímico* (tabuleiro sobre transformações da matéria para o 9° ano) e constatou melhorias nas interações sociais, funções psicológicas superiores (atenção, memória e raciocínio) e motivação a partir das transcrições de falas dos discentes. Os participantes reconheceram o valor pedagógico do jogo, que ultrapassou o mero entretenimento ao consolidar conhecimentos científicos, evidenciando o potencial dessas estratégias para simplificar conceitos químicos e elevar o desempenho acadêmico.

A literatura demonstra a eficácia de recursos digitais no ensino de Química, destacando três abordagens distintas: **(1) a plataforma *Quimik*** (Galvan; Hoffmann, 2012), que integra exercícios, vídeos e simuladores 3D, mostrou aumento no desempenho discente em Química Orgânica (atividade avaliativa: nota máxima de 2,0 com a ferramenta *versus* 1,70 sem seu uso);

(2) o RPG Eletroquímico (Jesus; Nunes, 2022), que aplica ludicidade para reforçar conceitos fundamentais de eletroquímica, embora careça de avaliação quantitativa pós-implementação; e **(3) a combinação de simuladores virtuais com experimentos que utilizam materiais alternativos (de baixo custo e de fácil aquisição)** (Silveira *et al.*, 2023), estratégia promissora para o Ensino Médio, porém ainda sem métricas de aprendizagem pós-intervenção. Esses exemplos ilustram o potencial, mas também as limitações metodológicas, das tecnologias educacionais na área.

Diante dos desafios no ensino de eletroquímica e do potencial das TDICs, os objetivos deste estudo foram: (1) projetar e implementar uma sequência didática abrangente para o ensino de eletroquímica que integre aplicativos *offline* e recursos baseados na *web*, melhorando assim a eficácia pedagógica; (2) avaliar o impacto dessa abordagem integrada na capacidade de aprendizagem autônoma dos discentes, na compreensão contextualizada e na acessibilidade, particularmente em diversos contextos educacionais; (3) analisar a viabilidade e eficácia de metodologias de ensino híbrido em regiões caracterizadas por infraestrutura tecnológica limitada; e (4) contribuir com evidências empíricas que apoiem a adoção de estratégias de ensino inovadoras apoiadas por tecnologia em eletroquímica, visando melhorar os resultados educacionais e reduzir disparidades entre diferentes ambientes escolares em Itumbiara-GO.

3.3.2 Metodologia

3.3.2.1 Delineamento e locais de estudo

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa (estudo de caso) (Creswell, 2018), realizado em três instituições de ensino de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) com turmas do 9° Ano do Ensino Fundamental e 1ª Série do Ensino Médio, no período de outubro a dezembro de 2022 - alinhado ao calendário de abordagem da eletroquímica no currículo nacional. Para preservar a identidade dos participantes, as escolas foram codificadas como: **(1) Escola Pública (EPu) -** Federal, com foco em Educação Profissional e Tecnológica. Turmas de cursos técnicos (Química e Eletrotécnica); **(2) Escola Privada (EPr) -** Particular, atendendo Educação Infantil ao Ensino Médio. Turmas A e B do Ensino Médio e; **(3) Escola do Campo (EC) -** Municipal, localizada na zona rural, ofertando Educação Infantil e Ensino Fundamental. Única turma do 9° ano. A categorização por ente federativo (federal, estadual ou municipal) representa variável analítica imprescindível para a investigação.

3.3.2.2 Público-alvo

O estudo contou com uma população amostral de 122 participantes, sendo 118 discentes (12,7% do 9° Ano do Ensino Fundamental e 87,3% da 1ª Série do Ensino Médio) e 4 docentes (3 com formação em Química - 1 mestre e 2 doutores - e 1 graduado em Biologia).

3.3.2.3 Desenvolvimento do aplicativo e *website*

O desenvolvimento das ferramentas educacionais seguiu três etapas principais: (1) definição de requisitos técnicos; (2) seleção de conteúdos de eletroquímica; e (3) implementação das ferramentas. O processo considerou acessibilidade técnica e financeira para o desenvolvimento do aplicativo e *website*.

A fundamentação teórico-metodológica para a abordagem lúdica e acessível dos conteúdos de eletroquímica no aplicativo e *website* baseou-se no *Universal Design for Learning* (UDL) (Tavares *et al.*, 2015), que orientou a adaptação dos materiais para discentes com necessidades específicas para aprendizagem em três dimensões: (1) funcionalidade, com atividades interativas como o *Quiz* contendo o *feedback* automático das respostas; (2) participação, mediante recursos de usabilidade como transcrição de texto em áudio para inclusão de discentes com baixa visão e/ou dificuldade de leitura; e (3) contexto, por meio da integração de linguagem cotidiana e analogias para adequar a complexidade conceitual ao nível cognitivo do público-alvo.

3.3.2.4 Aplicação do Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE) na validação dos produtos educacionais

A análise do aplicativo e *website* foi conduzida sob a perspectiva do MAAE, examinando critérios como adequação pedagógica (alinhamento aos objetivos de aprendizagem em eletroquímica), usabilidade (navegabilidade e *design* intuitivo), engajamento (elementos interativos e gamificação) e acessibilidade (recursos adaptativos para diferentes necessidades), com validação realizada pelos autores deste estudo e por meio de testes de usabilidade com o público-alvo durante a intervenção didática.

3.3.2.5 Planejamento da sequência didática fundamentada nos 3 Momentos Pedagógicos (3 MPs)

A sequência didática consistiu em quatro encontros presenciais semanais, realizados entre outubro e dezembro de 2022. Na EPu, as aulas foram integradas às disciplinas de Química (Química 1 e Introdução às Práticas de Laboratório), ministradas pelas docentes regentes. Já na EPr e na EC, utilizaram-se horários de outras disciplinas, cedidos pelos docentes para a

pesquisa. As datas foram previamente acordadas com as direções escolares, e o plano de ensino do projeto para cada escola (Apêndices F, G, H, I e J) foi formalmente apresentado para legitimar as estratégias pedagógicas adotadas.

As intervenções pedagógicas, com duração média de 50 minutos e realizadas simultaneamente nas três escolas, foram estruturadas segundo uma abordagem contextualizada dos conteúdos, promovendo participação ativa e reflexão crítica, e organizadas nos 3 MPs de Muenchen e Delizoicov (2012) - problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento - conforme detalhado no Quadro 4. Esta abordagem sistemática permitiu integrar efetivamente os recursos educacionais virtuais ao processo de ensino-aprendizagem.

Quadro 4: Descrição da sequência didática *Eletroquímica no Cotidiano*, com ênfase nas estratégias pedagógicas utilizadas e nos objetivos específicos por etapa.

Etapas pedagógicas	Principais Atividades e Estratégias	Objetivos	Ferramentas utilizadas	Competências /Habilidades trabalhadas
1. Problematização Inicial	- Apresentação do projeto e obtenção de consentimento - Lançamento do *Concurso de Logomarca* - Orientação sobre acesso às plataformas digitais (Moodle, *App*/*Website*)	- Introduzir a eletroquímica de forma engajadora - Relacionar o tema ao cotidiano - Estimular a criatividade e o engajamento inicial	- Slides - Redes sociais (@eletroquimicanocotidiano) - Plataforma Moodle	- Criatividade e colaboração. - Conscientização sobre aplicações práticas da eletroquímica.
2. Problematização Inicial / Organização do Conhecimento	- Levantamento de conhecimentos prévios - Aula dialogada sobre reações de oxirredução, espontaneidade e potenciais padrão - Contextualização com exemplos cotidianos (ex.: oxidação da Estátua da Liberdade)	- Definir conceitos fundamentais (oxirredução, agentes oxidantes/redutores) - Contextualizar a teoria com fenômenos familiares	- Slides - Exposição dialogada	- Balancear reações de oxirredução. - Identificar processos eletroquímicos no cotidiano.
3. Organização do Conhecimento / Aplicação do Conhecimento	- Aula dialogada sobre células galvânicas e eletrólise - Experimento prático: construção da *Pilha de Limão com Moedas* - Discussão sobre impactos ambientais do descarte de pilhas	- Explicar o funcionamento de células galvânicas e eletrólise - Integrar teoria e prática - Promover trabalho	- Materiais experimentais de baixo custo e fácil aquisição - Multímetro - Protocolo experimental	- Montar pilhas simples - Analisar impactos socioambientais da corrosão e descarte inadequado de pilhas

		colaborativo		
4 e 5. Aplicação do Conhecimento	- *Desafio da Eletroquímica* (interpretação de charge no Moodle) - Demonstração e uso do *app*/*website* - Avaliação final (*Questionário Moodle*)	- Aplicar conceitos à resolução de problemas - Consolidar a aprendizagem de forma autônoma usando ferramentas digitais - Avaliar a compreensão conceitual	- Plataforma Moodle - *App* e *website Eletroquímica no Cotidiano*	- Utilizar tecnologias para aprendizagem autônoma e intuitiva em eletroquímica. - Fornecer *feedback* crítico.

Fonte: Autoria própria (2026).

3.3.2.6 Coleta e análise de dados

Este estudo foi organizado em torno de três medidas avaliativas (MAs), abordando diferentes dimensões da intervenção educacional. A MA1 examinou em que medida a sequência didática proposta promoveu o engajamento dos discentes nos contextos educacionais participantes. A MA2 focou nos resultados de aprendizagem associados aos conceitos de eletroquímica após a participação na intervenção. A MA3 investigou como discentes e docentes perceberam e avaliaram as ferramentas digitais criadas para o estudo. Para responder a essas MAs, o estudo adotou uma estratégia multimodal de coleta de dados, combinando instrumentos qualitativos e quantitativos selecionados de acordo com os objetivos de cada questão.

Para abordar a MA1, o engajamento foi monitorado entre 118 discentes por meio de observações, análises do *Moodle* (Anexo B), *Instagram* (Apêndice K) e atividades no *WhatsApp* (Apêndice L) para capturar o comportamento em sala de aula e a interação digital. Para a MA2, a aprendizagem conceitual foi avaliada usando um *Desafio da Eletroquímica* com questões abertas para todos os discentes, além de um *Quis no Moodle* realizado apenas por 45 discentes, limitado pela infraestrutura (instabilidade de *internet*). Essas ferramentas evidenciaram tanto o raciocínio qualitativo quanto o desempenho estruturado. Finalmente, a MA3 avaliou as ferramentas digitais por meio de questionários em escala Likert aplicados a 118 discentes e quatro docentes, avaliando usabilidade e valor pedagógico.

A análise dos dados seguiu uma abordagem de métodos mistos, adaptada à natureza específica de cada instrumento. Dados qualitativos do *Desafio da Eletroquímica* com questões abertas e observações dos participantes foram submetidos à análise de conteúdo usando um quadro a priori. Este esquema de codificação, enraizado nos 3 MPs e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), priorizou três categorias: identificação de conceitos de oxirredução,

aplicação a situações cotidianas e qualidade da argumentação. Enquanto isso, dados quantitativos do *Moodle*, questionários e *quizzes* foram processados por meio de estatística descritiva para revelar padrões de engajamento. Ao integrar esses conjuntos de dados, os pesquisadores alcançaram uma triangulação abrangente de evidências, permitindo uma comparação robusta entre desempenho e dados observacionais e garantindo que os efeitos da intervenção fossem interpretados com alta validade.

3.3.2.7 Considerações éticas

Este estudo obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFU (Parecer nº 5.511.888 e Parecer Consubstanciado 8.164.845 – emenda do protocolo de pesquisa), atendendo às diretrizes da Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) 28/2016 (Brasil, 2016), com todos os participantes (docentes e discentes) devidamente informados sobre objetivos, procedimentos e aspectos éticos, tendo consentido formalmente por meio de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndices A e B) / Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice C). Os riscos envolvidos, considerados mínimos (potencial constrangimento ou desconforto), foram mitigados por protocolos de suporte imediato, garantindo-se adicionalmente a confidencialidade dos dados, uso exclusivamente acadêmico das informações e preservação do anonimato nas publicações decorrentes.

3.3.2.8 Declaração de Segurança

Nenhum perigo inesperado ou incomumente alto foi encontrado. O experimento da pilha de limão utilizou materiais não tóxicos e de baixa voltagem (moedas de cobre, pregos galvanizados, limões); os discentes foram supervisionados durante o uso do multímetro. Todos os procedimentos seguiram os protocolos padrão de segurança laboratorial para ambientes escolares básicos.

3.3.3 Resultados

Esta seção analisa os resultados da sequência didática baseada nos Três Momentos Pedagógicos (Muenchen; Delizoicov, 2012; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002), priorizando a compreensão fenomenológica sobre os cálculos mecânicos (Carvalho, 2013). Utilizando ferramentas digitais como mediadoras da alfabetização científica (Kenski, 2015), os dados revelam diferenças no engajamento e desempenho entre os três contextos. Os resultados são apresentados em duas dimensões principais: (i) o desenvolvimento e avaliação das

ferramentas educacionais – destacando o aplicativo com funcionalidade *offline* e o *website* – e (ii) o impacto pedagógico de sua aplicação em três realidades educacionais distintas.

3.3.3.1 Descrição dos produtos educacionais *Eletroquímica no Cotidiano*

Os produtos educacionais *Eletroquímica no Cotidiano* — um aplicativo e um *website* (Figuras 20A e 20B, respectivamente) — foram concebidos como guias didáticos digitais. Eles integram conteúdos teóricos, exercícios contextualizados (como um *Quiz* com *feedback* automático, ilustrado na Figura 21) e recursos multimídia, visando facilitar a aprendizagem autônoma na área de eletroquímica. Desde seu lançamento, em novembro de 2022, o aplicativo obteve expressiva adoção, totalizando 15.100 instalações até janeiro de 2025, com um pico de 41 *downloads* em um único dia de maio de 2023. Contudo, devido a atualizações nas políticas de privacidade da *Play Store*, a versão original do aplicativo foi temporariamente suspensa por descumprimento das novas diretrizes. Para sanar a questão, uma versão atualizada foi submetida em fevereiro de 2025 e liberada oficialmente na plataforma em 11 de março de 2025, conforme documentado na Figura 20A.

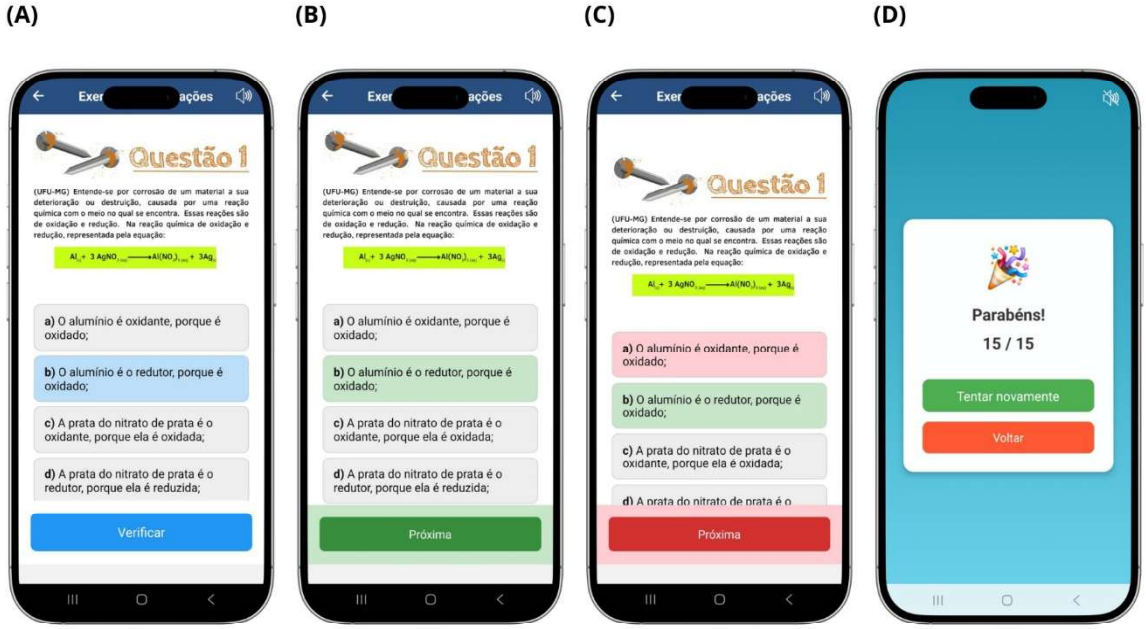
A nova versão (*Android*), lançada em março de 2025, registrou 31.657 instalações até junho de 2026, atingindo um pico de 133 instalações diárias em dezembro de 2025. Já a primeira versão do aplicativo no sistema *iOS*, lançada em agosto de 2025, alcançou 64 instalações até junho de 2026, atingindo um pico de 6 instalações diárias em outubro de 2025. No total, o aplicativo educacional (versões *Android* e *iOS*) apresenta **31.721 *downloads***. Cabe destacar que a versão *iOS* apresentou *downloads* de origem internacional, abrangendo usuários em países como Alemanha, China, Estados Unidos e França.

Figura 20: *Layout* do Aplicativo (A) e *Website* (B) desenvolvidos para o ensino de eletroquímica.



Fonte: Medeiros *et al*. (2026).

Figura 21: Fluxo interativo da seção "Exercícios e Aplicações": seleção de resposta (A), *feedback* visual (verde - resposta correta/vermelho - resposta incorreta) (B e C), e *feedback* final do *Quiz* de múltipla escolha (D).



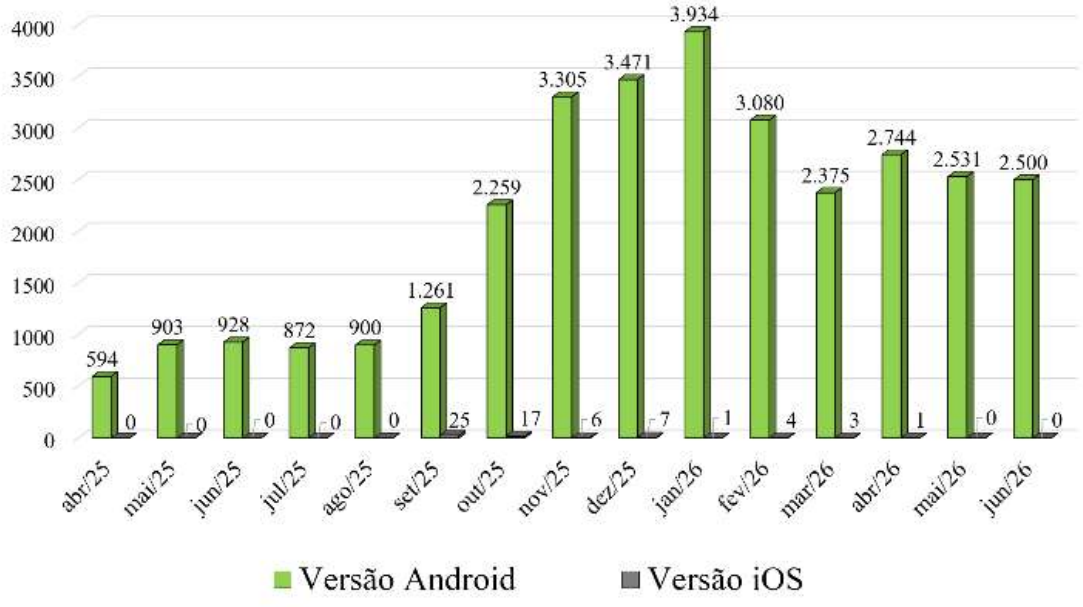
Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

As evidências empíricas que fundamentam a discussão sobre a abrangência do aplicativo — expressas pelas médias mensais de *downloads* para as versões *Android* e *iOS* — encontram-se consolidadas, respectivamente, nos Anexos C e D, que reúnem os dados extraídos diretamente dos ambientes de desenvolvedor da *Google Play Store* e da *Apple Store*. A

funcionalidade *offline*, aliada ao acesso integralmente gratuito, configurou-se como fator determinante para essa expressiva disseminação — aspecto de particular relevância diante das persistentes desigualdades no acesso à *internet* em diferentes regiões do país, sobretudo em contextos rurais e periféricos, onde a conectividade ainda se apresenta como barreira significativa à inclusão digital.

Os dados de *download* do aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano* (Figura 22) revelam uma trajetória expressiva de adoção, com **31.721 instalações totais** (*Android* e *iOS*), evidenciando sua capilaridade e relevância no ensino de Química. O crescimento mais acentuado ocorreu a partir do lançamento da versão atualizada em março de 2025, impulsionado pela disponibilização para iOS, melhorias nas funcionalidades interativas e pela gratuidade com operação *offline*. Destaca-se a concentração dos maiores índices de *downloads* entre **outubro de 2025 e fevereiro de 2026**, período que coincide com a abordagem do conteúdo de eletroquímica na grade curricular da Educação Básica e com a realização do ENEM e vestibulares, sugerindo que docentes e discentes recorreram ativamente ao aplicativo como ferramenta de apoio ao ensino e à preparação para avaliações. A predominância da plataforma *Android* (99,8%) reflete a realidade socioeconômica do mercado brasileiro e a adequação da ferramenta ao público de escolas públicas e do campo, enquanto a presença de *downloads* internacionais indica sua relevância em contextos educacionais estrangeiros. Em síntese, os dados consolidam o aplicativo como um recurso pedagógico de impacto, alinhado ao calendário letivo e às demandas avaliativas do sistema educacional.

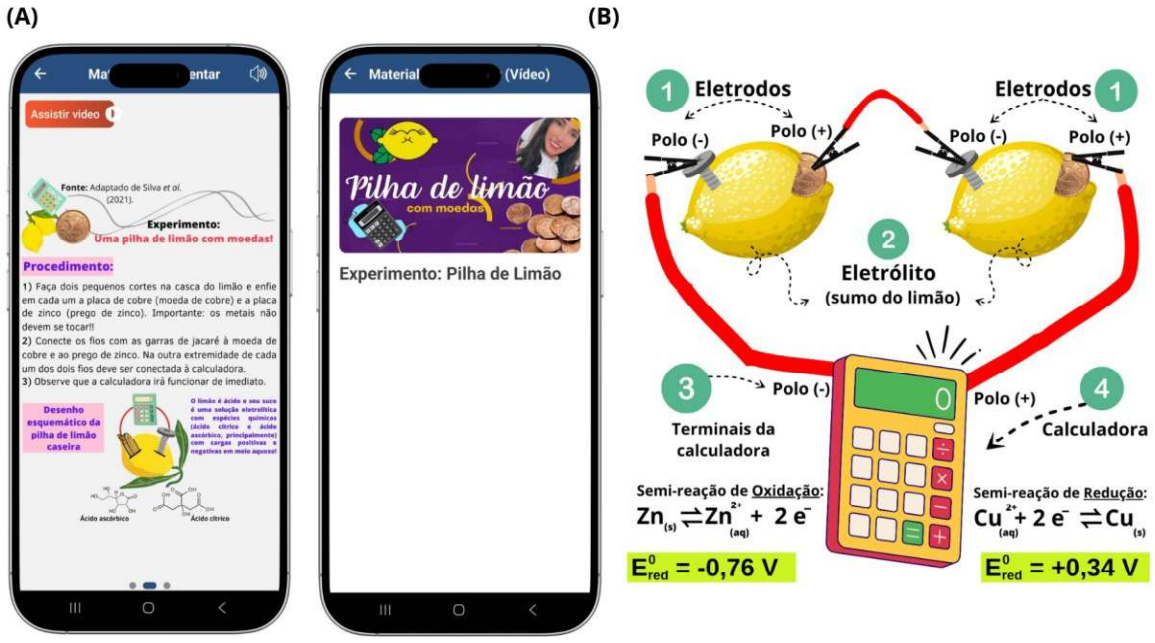
Figura 22: Evolução das instalações do aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano* por sistema operacional (*Android* e *iOS*) no período de 2025 a 2026.



Fonte: Autoria própria (2026).

As plataformas foram originalmente estruturadas em oito seções didáticas e, após processo de atualização concluído em setembro de 2025, foram reorganizadas em dez módulos, a saber: (I) Equipe; (II) Reações e Oxirredução; (III) Potenciais-Padrão de Redução; (IV) Pilhas e Eletrólise; (V) Animação da Pilha de Daniell; (VI) Eletroquímica e o Cotidiano; (VII) Exercícios e Aplicações; (VIII) Gabarito; (IX) Material Suplementar; e (X) Referências. Essa organização buscou contemplar tanto o currículo da 2ª Série do Ensino Médio, quanto as principais dificuldades de aprendizagem identificadas na literatura. Como diferencial, o aplicativo inclui uma videoaula demonstrativa sobre a construção de uma pilha caseira com limões, moedas de cobre e pregos de zinco - experimento de baixo custo e com materiais de fácil aquisição que ilustra concretamente os princípios eletroquímicos. O experimento caseiro simula uma pilha eletroquímica: o limão funciona como eletrólito, enquanto os pregos (que oxidam) e as moedas de cobre (que reduzem) atuam como eletrodos. A reação espontânea transforma energia química em elétrica, permitindo o funcionamento da calculadora (Figura 23).

Figura 23: Telas do Material Suplementar (A) e Representação esquemática da *Pilha Caseira de Limão com Moedas* (estrutura, eletrodos e processo eletroquímico) (B).



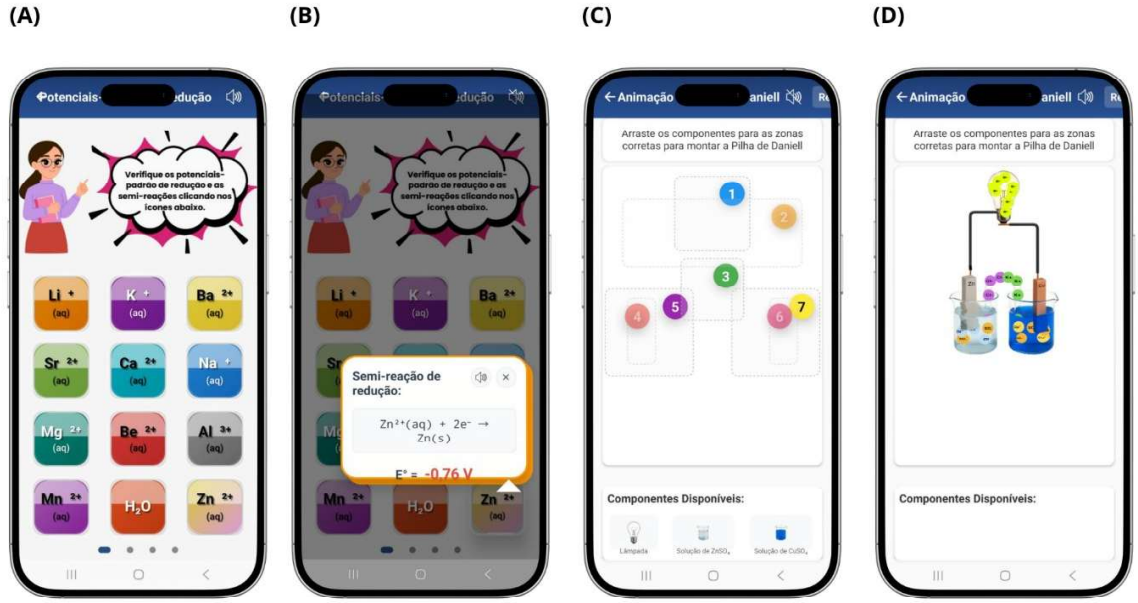
Fonte: Adaptada de Fernandes *et al*. (2026).

As funcionalidades incorporadas ao aplicativo – "Potenciais-Padrão de Redução" e "Animação da Pilha de Daniell" – visam auxiliar no processo de aprendizagem dos conceitos fundamentais de eletroquímica. A primeira fornece uma base de dados consultável com os potenciais-padrão de redução de espécies químicas estabelecidos pela União Internacional de

Química Pura e Aplicada (IUPAC) para condições padrão de temperatura e pressão (considera-se 25 °C, 1 bar e concentrações de 1 mol·L^{-1}). A segunda seção possibilita a experimentação virtual, na qual o discente pode exercitar os conceitos adquiridos sobre espontaneidade em reações de oxirredução ao manipular e posicionar os componentes da pilha em sua interface animada. Esses novos recursos estão representados na Figura 24.

O desenvolvimento das ferramentas enfrentou o desafio de criar interfaces intuitivas para públicos diversos (discentes do Fundamental ao Médio) e realidades tecnológicas distintas. A solução adotada combinou (Figura 24): (1) *design* centrado no usuário, com navegação simplificada (botões coloridos, gestos intuitivos como "arrastar" para avançar); (2) identidade visual unificada, incorporando a logomarca criada por uma discente participante; e (3) testes de usabilidade iterativos. Essa abordagem resultou em ferramentas com experiência consistente, embora com vantagens complementares: o aplicativo opera *offline* com 143 MB (*Android*) e 97,3 MB (*iOS*) de armazenamento e acessível em *Eletroquímica no Cotidiano App Android* e *Eletroquímica no Cotidiano App iOS*), enquanto o *website* (acessível em *Eletroquímica no Cotidiano Website*) possui compatibilidade multiplataforma. Como destacam Rosa *et al*. (2022) e Fonseca *et al*. (2021), tais recursos demonstraram potencial para democratizar o acesso ao conhecimento científico, servir como material de apoio docente e promover aprendizagem ativa, sem substituir a mediação pedagógica.

Figura 24: Interface e funcionalidades das seções "Potenciais-Padrão de Redução" e "Animação da Pilha de Daniell".



(A) Lista de potenciais padrões de redução das espécies químicas. **(B)** Seleção do potencial-padrão e semi-reação de redução do Zinco. **(C)** Locais para o posicionamento correto dos componentes da pilha. **(D)** Esquema interativo em funcionamento para animação da pilha.
Fonte: Autoria própria (2026).

O processo de desenvolvimento das ferramentas educacionais exigiu superar lacunas técnicas por meio da colaboração interdisciplinar: uma doutoranda em Química (conteúdo), um profissional em Computação (programação) e duas especialistas em eletroquímica (validação pedagógica). Essa sinergia permitiu equilibrar rigor científico e acessibilidade, traduzindo conceitos complexos como potencial padrão e polaridade de eletrodos em linguagem adequada ao público-alvo.

O estudo também incorporou critérios do *Universal Design for Learning* (UDL) (CAST, 2011; Tavares *et al.*, 2015) para identificar barreiras à aprendizagem e propor adaptações pedagógicas no aplicativo, como busca de termos e transcrição de texto em áudio (Figura 1A). Embora não sejam obrigatórias pelo Ministério da Educação (MEC), essas diretrizes alinham-se às políticas e programas de promoção e incentivo à inclusão digital para o ensino. Dessa forma, as ferramentas desenvolvidas visam não apenas transmitir conteúdo científico, mas também garantir acessibilidade, otimizando a experiência dos usuários e ampliando seu impacto futuro.

3.3.3.2 Análise dos produtos educacionais segundo o MAAE

A avaliação do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* foi sistematicamente conduzida mediante a aplicação do MAAE (De Oliveira; Leite, 2024), fundamentando-se em seus três eixos avaliativos centrais: **(1) Usabilidade**; **(2) Experiência de Usuário**; e **(3) Princípios de Aprendizagem**. O processo avaliativo, realizado pelos pesquisadores responsáveis, aconteceu pós-intervenção didática nas três instituições participantes. Complementarmente, incorporou-se à análise dados qualitativos e quantitativos coletados junto aos discentes ($N = 34$) e docentes ($N = 4$) das escolas investigadas, permitindo uma triangulação metodológica para aferição dos seguintes parâmetros: eficácia pedagógica, potencial interativo e grau de acessibilidade das plataformas. Nas seções subsequentes, detalhamos os resultados obtidos em cada uma das dimensões do MAAE.

3.3.3.2.1 Critério I: Usabilidade

A usabilidade, entendida como a capacidade de um *software* educacional ser intuitivo, eficiente e satisfatório para o usuário (Hassan *et al*., 2023), constitui um dos pilares avaliativos do MAAE. No campo da Educação em Química, tal dimensão dialoga diretamente com a necessidade de favorecer ambientes de aprendizagem que minimizem barreiras cognitivas e ampliem a autonomia discente (Johnstone, 1991; Mortimer & Machado, 2000). No MAAE, a

usabilidade é aferida por três requisitos centrais: (1) clareza das informações visuais, (2) facilidade de navegação e (3) ausência de erros técnicos.

Os resultados da avaliação das ferramentas digitais em escala Likert (Tabela 2) indicam que todos os critérios obtiveram médias superiores a 3,4 em uma escala de 1 a 4, indicando percepções geralmente favoráveis. Os critérios de "Clareza Visual" e "Relevância Pedagógica" receberam as maiores avaliações (3,6 e 3,7 para discentes; 3,8 e 3,9 para docentes), refletindo sua importância na avaliação dos usuários. Especificamente quanto à clareza das informações visuais, tanto o aplicativo quanto o *website* atenderam plenamente a este requisito, apresentando interfaces intuitivas, ícones autoexplicativos e títulos descritivos. A organização lógica das seções favoreceu a compreensão imediata dos conteúdos, aspecto essencial para reduzir a sobrecarga cognitiva e permitir que os discentes se concentrem nos conceitos químicos (Johnstone, 1991). Testes realizados em três instituições (pública, privada e do campo) mostraram que 94,1% dos discentes e 75% dos docentes conseguiram navegar autonomamente desde o primeiro acesso, sem necessidade de instruções adicionais, com destaque para os discentes da EPr, que exploraram previamente as ferramentas antes da intervenção da pesquisadora.

Tabela 2: Avaliação das ferramentas digitais: Médias das respostas em escala Likert de 1 a 4, conforme avaliação de discentes e docentes.

Critério	Discentes (*N* = 118)	Docentes (*N* = 4)
Clareza visual	3,6	3,8
Navegabilidade	3,5	3,7
Relevância pedagógica	3,7	3,9
Qualidade do *feedback*	3,4	3,6
Alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)	3,6	3,8

**Valores são médias em escala de 1 a 4 (1 = péssimo, 2 = ruim, 3 = bom, 4 = excelente).*
Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

No que tange à facilidade de navegação, a fluidez na interação foi garantida pela ausência de anúncios, tempos de carregamento inferiores a 2 segundos e consistência na disposição dos elementos, aspectos que contribuíram para a média de 3,5 atribuída pelos discentes e 3,7 pelos docentes a este critério. O aplicativo manteve desempenho estável em diferentes versões de *Android*, enquanto o *website* apresentou instabilidades relacionadas à infraestrutura de rede escolar, afetando seu desempenho especialmente entre discentes da EPu e EPr. Esse resultado reforça a importância de considerar o contexto tecnológico das instituições

de ensino, conforme apontado por Schnetzler (2002), que destaca a necessidade de adequar recursos digitais às condições reais de uso. Quanto à ausência de erros técnicos, o aplicativo demonstrou desempenho impecável, sem falhas que comprometessem sua funcionalidade, contrastando com relatos de lentidão e travamentos no *website*, atribuídos a fatores externos como conectividade insuficiente e navegadores desatualizados. A literatura em Educação em Química enfatiza que a confiabilidade técnica é condição indispensável para que os recursos digitais possam cumprir sua função pedagógica (Gil-Pérez; Carvalho, 1993).

A atualização do aplicativo em 2025 incorporou melhorias significativas, como maior acessibilidade, acesso simplificado aos potenciais-padrão de redução e a simulação interativa da Pilha de Daniell. Esses elementos ampliaram a imersão dos discentes, atendendo à demanda por experiências de aprendizagem mais dinâmicas e contextualizadas. Segundo Grando e Cleophas (2021), recursos que favorecem a visualização e manipulação de fenômenos químicos contribuem para a dinamização das aulas e para a construção de raciocínios mais claros e consistentes, permitindo aos discentes acompanhar com clareza o desenvolvimento do raciocínio relativo aos temas em discussão. Assim, a análise evidencia que o aplicativo e o *website*, apesar de limitações técnicas pontuais, apresentam elevada usabilidade e potencial pedagógico, alinhando-se às recomendações clássicas da área de Educação em Química: clareza conceitual, integração entre teoria e prática e valorização da autonomia discente.

3.3.3.2.2 Critério II: Experiência de Usuário

A experiência de usuário, categoria do MAAE, abarca dimensões subjetivas da interação, avaliando a satisfação no uso do produto (Hassenzahl, 2018). No caso dos recursos *Eletroquímica no Cotidiano*, a análise concentrou-se em três eixos fundamentais: (1) relevância – pertinência do conteúdo científico abordado em relação aos objetivos acadêmicos ou profissionais do discente, bem como sua articulação com conhecimentos prévios; (2) interação – grau de exigência de participação ativa do usuário na seleção de opções e navegação; e (3) desenvolvimento – existência de níveis hierárquicos de dificuldade no produto educacional (fácil, médio, difícil) para estruturação do aprendizado.

A análise dos três requisitos da categoria "Experiência de Usuário" nas ferramentas evidenciou que a relevância foi integralmente atendida, com discentes e docentes das três escolas identificando conexões entre os conteúdos e seu cotidiano, destacando-se a abordagem contextualizada (ex.: atividade experimental da pilha de limão), o que se reflete na alta média atribuída à relevância pedagógica (3,7 para discentes e 3,9 para docentes). Quanto à interação, ambos os produtos apresentaram potencial diferenciado: o aplicativo (versão 2025) sobressaiu-

se por recursos multimídia interativos (*Quiz* com *feedback*, busca por termos, conversão texto-áudio e animação da Pilha de Daniell), enquanto o *website* carece de funcionalidades que ampliem a flexibilidade de navegação – ainda que 88,2% dos discentes e 50% dos docentes das três escolas tenham classificado a experiência como satisfatória na versão de 2022 (aplicativo e *website*). No eixo desenvolvimento progressivo, constatou-se organização progressiva dos conteúdos por complexidade, porém sem demarcações explícitas, aspecto passível de aprimoramento em futuras atualizações para otimização da usabilidade.

A análise qualitativa das respostas indica que os julgamentos dos discentes foram moldados principalmente pelas condições de uso. Os achados sugerem que o valor educacional das ferramentas em química depende tanto do *design* pedagógico, quanto da acessibilidade ambiental. Enquanto discentes de escolas com barreiras de conectividade (EPu e EPr) priorizaram o acesso gratuito e *offline*, os discentes da Escola do Campo enfatizaram recursos inclusivos como a transcrição texto-áudio. Em última análise, a eficácia da ferramenta é dependente do contexto, exigindo que os docentes equilibrem a relevância do conteúdo com a viabilidade prática e a funcionalidade inclusiva.

3.3.3.2.3 Critério III: Princípios de Aprendizagem

Esta categoria avalia o alinhamento pedagógico dos recursos digitais, analisando seu potencial para promover aprendizagem significativa (Ausubel; Stager; Gaite, 1968). A análise concentrou-se em cinco dimensões essenciais: (1) adequação da linguagem - clareza e acessibilidade do vocabulário utilizado; (2) alinhamento com os objetivos de aprendizagem - aderência às metas de aprendizagem declaradas na descrição oficial dos produtos; (3) estímulo à resolução de problemas - presença de desafios contextualizados que abrangem todo o conteúdo programático; (4) fornecimento do *feedback* - mecanismos de retorno imediato sobre acertos e erros nas atividades interativas; e (5) aplicação da Taxonomia Digital de Bloom (TDB) - estruturação do conteúdo segundo os níveis cognitivos: lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar (Churches, 2009).

A avaliação dos recursos digitais, na perspectiva dos discentes e dos docentes, revelou excelência na adequação linguística, com conceitos complexos apresentados mediante analogias acessíveis e recursos visuais pertinentes, previamente validados por especialistas em eletroquímica. Verificou-se plena consonância com os objetivos de aprendizagem da BNCC para o Ensino Médio, abarcando todos os tópicos curriculares relevantes, o que é corroborado pela média de 3,6 atribuída pelos discentes e 3,8 pelos docentes ao alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular. Embora as atividades propostas estimulem a resolução de

problemas contextualizados, ambos os recursos (versão 2022) apresentam limitações nos mecanismos de *feedback* pós-exercícios, refletidas na média mais baixa atribuída a este critério (3,4 para discentes e 3,6 para docentes). Quanto à Taxonomia Digital de Bloom, observou-se desenvolvimento satisfatório dos níveis cognitivos básicos ("Lembrar" e "Aplicar"), os quais foram contemplados a partir do uso de questionários e experimentação virtual, porém com necessidade de aprimoramento nos níveis superiores ("Avaliar" e "Criar"), conforme análise criteriosa dos produtos.

A aplicação do MAAE, baseada na percepção dos docentes e discentes das três escolas investigadas (rever Tabela 2), demonstrou que os recursos *Eletroquímica no Cotidiano* atendem adequadamente aos critérios de usabilidade e experiência de usuário, com destaque para clareza visual e relevância pedagógica. Embora os princípios de aprendizagem tenham sido satisfeitos, identificou-se potencial para desenvolvimento nos níveis superiores da TDB. Os achados corroboram a eficácia das ferramentas como complemento ao ensino formal de eletroquímica na Educação Básica, reafirmando que o valor educacional das ferramentas em química depende tanto do *design* pedagógico quanto da acessibilidade ambiental, exigindo que os educadores equilibrem a relevância do conteúdo com a viabilidade prática e a funcionalidade inclusiva.

3.3.3.3 Engajamento dos discentes

A **Aula 1**, etapa de Problematização Inicial (Muenchen; Delizoicov, 2012), teve como objetivo apresentar a proposta e estimular o engajamento, vinculando a eletroquímica à realidade social dos discentes (Santos *et al*., 2018). A Tabela 3 mostra participação variada, sugerindo que as respostas foram moldadas pela cultura institucional e pela promoção da autonomia estudantil (Ryan; Deci, 2018).

Tabela 3: Resumo das principais métricas de engajamento nas três escolas.

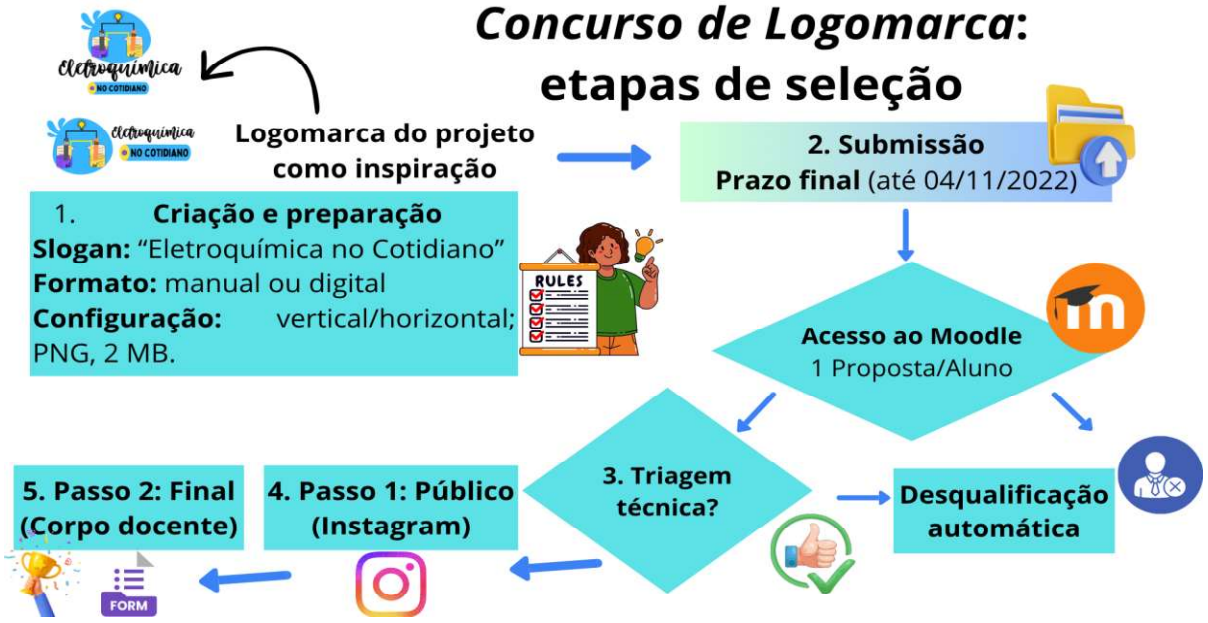
Atividade/Métrica	Escola Pública (EPu)	Escola Privada (EPr)	Escola do Campo (EC)
Engajamento inicial			
Participação oral – (percentual de discentes)	68%	72%	64%
Adesão aos grupos de *WhatsApp*	55%	32%	86%
Participação no *Concurso de Logomarca*	8,5%	0%	0%

Atividades em aplicação digital			
Participação no *Desafio da Eletroquímica*	86,4%	0%	13,6%
Desempenho no *Desafio da Eletroquímica* (acertos)	68,2%	0% [a]	9,1%
Participação no *Quiz no Moodle* final	38,0%	0% [a]	0% [a]
Quiz no Moodle final (acertos)	50,0%	-	-

[a] Em virtude de limitações de conectividade, estas foram contornadas mediante projeção em sala de aula.
Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

Para aumentar o envolvimento, foi lançado um *Concurso de Logomarca* (Figura 25). Essa abordagem lúdica (Santana, 2016) fomentou a apropriação e a representação simbólica. O engajamento nos grupos de *WhatsApp* variou significativamente: EPu alcançou 55%, EPr 32% e EC 86% (Tabela 3). A alta adesão da EC sugere que a comunicação mediada por dispositivos móveis atua como um andaime social em situação de vulnerabilidade digital (Santos *et al*., 2022), onde ferramentas *offline* neutralizam barreiras à aprendizagem *online* (Selwyn, 2021). O concurso (ver Tabela 3) atraiu exclusivamente discentes da EPu (8,5%). Essa discrepância indica que tarefas visuais ressoam de forma diferente dependendo do acesso digital e das experiências prévias, exigindo Design Universal para a Aprendizagem para garantir participação inclusiva entre diferentes estratos socioeconômicos (Ernica; Rodrigues; Soares, 2024).

Figura 25: Regras para participação dos discentes na atividade *Concurso de Logomarca*.

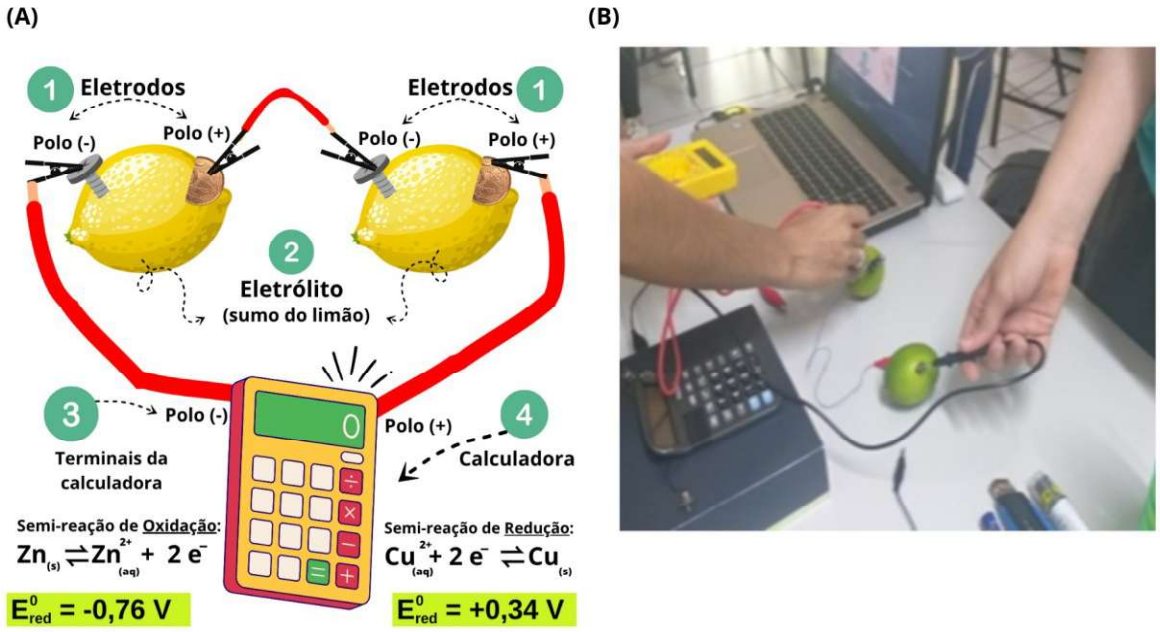


Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

Restrições de infraestrutura moldaram os padrões de participação, especialmente na EPr (ver Tabela 3), onde a conectividade precária necessitou de estratégias *offline*. Essa adaptação destaca a necessidade de planejamento pedagógico flexível e contextualizado que considere as limitações tecnológicas locais para garantir um engajamento mais equitativo dos discentes.

A atividade experimental nas **Aulas 2** e **3**, *Pilha de Limão com Moedas* (Figura 26), despertou alto engajamento dos discentes em todas as instituições. Isso destaca o poder motivacional da aprendizagem prática para conceitos abstratos como a eletroquímica. Ao tornar a teoria tangível, os discentes construíram conhecimento ativamente por meio da experimentação direta. A montagem utilizou materiais de baixo custo: limões como eletrólitos, moedas de cobre como cátodos e pregos galvanizados como ânodos (Figura 26A). Usando multímetros, os discentes mediram o potencial elétrico (Figura 26B), registrando dados por meio de protocolos estruturados. Instruções detalhadas e alternativas de materiais garantiram reprodutibilidade em diversos ambientes escolares. Além da simplicidade, a atividade modelou reações de oxirredução espontâneas e conversão de energia. Alinhada à pedagogia construtivista, enfatizou a exploração centrada no aprendiz e a resolução de problemas. Essa forte participação sugere que experimentos de baixo custo baseados em investigação são ferramentas vitais para impulsionar a alfabetização científica e fomentar a aprendizagem significativa no ensino de Química (Carvalho, 2013; Silveira *et al*., 2023; Amâncio *et al*., 2026).

Figura 26: Representação esquemática da *Pilha Caseira de Limão com Moedas* (estrutura, eletrodos e processo eletroquímico) (A) e estudantes montando a pilha caseira com auxílio da pesquisadora (B).



Fonte: Adaptado de Fernandes *et al*. (2026).

A participação oral (medida na Tabela 3) foi avaliada por meio de observação estruturada durante as aulas dialogadas, onde os pesquisadores registraram a frequência e a qualidade das contribuições dos discentes usando um protocolo padronizado (a 'participação oral' foi estritamente quantificada com base em perguntas iniciadas pelos discentes, participação ativa nas etapas de resolução de problemas e debates sobre os experimentos de baixo custo). Para garantir a documentação precisa, gravadores de áudio de telefones celulares capturaram as discussões para análise pós-aula. Esses intercâmbios focaram em reações de oxirredução cotidianas, como ferrugem e baterias, vinculando a química abstrata a fenômenos familiares. Isso fomentou a aprendizagem ativa e o pensamento crítico, à medida que os discentes justificavam ideias e se envolviam em discussão entre pares (entre colegas de classe).

3.3.3.4 Desempenho dos discentes em atividades avaliativas

Os contextos Público, Privado e Rural refletem as disparidades socioeconômicas do Brasil, que moldam o acesso digital e a familiaridade com plataformas. Essas distinções são vitais para interpretar as variações no engajamento e desempenho. Conforme resumido na Tabela 4, a EPu demonstrou o maior desempenho em todos os formatos, incluindo o *Desafio da Eletroquímica* com questões abertas (Figura 27) e o *Quiz no Moodle* objetivo. Isso sugere melhor preparação para tarefas que exigem raciocínio conceitual ancorado em "subsunçores" cotidianos (Ausubel, 2000). A análise qualitativa das respostas revela uma progressão do nível

macroscópico para o simbólico: enquanto alguns ofereceram referências superficiais à ferrugem, outros forneceram respostas abrangentes com equações balanceadas e identificação de potenciais de oxirredução. Essa diversidade sublinha o valor de instrumentos abertos para capturar nuances conceituais frequentemente negligenciadas em materiais didáticos tradicionais, sendo essenciais para identificar a heterogeneidade do desenvolvimento estudantil em tópicos químicos complexos.

Tabela 4: Desempenho dos discentes nas atividades avaliativas digitais.

Indicador	Escola Pública (EPu)	Escola Privada (EPr)	Escola do Campo (EC)
Desafio da Eletroquímica: respostas com aplicação correta do conceito	68,2%	-	9,1%
Desafio da Eletroquímica: respostas incorretas	18,2%	-	4,5%
Questionário Moodle: média de acertos	50,0%	-	-

Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

Figura 27: Questão dissertativa do *Desafio da Eletroquímica*, a qual foi postada e resolvida pelos discentes na Plataforma Moodle.



Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

Na análise desses dados, as disparidades de desempenho estão fortemente associadas ao acesso a ferramentas digitais e à integração tecnológica. O desempenho superior da EPu — com

taxa de acerto de 68,2% no Desafio e pontuação de 50,0% no Questionário — está alinhado com seus maiores recursos e familiaridade com plataformas. Isso apoia a hipótese de que o acesso se correlaciona positivamente com o desempenho em avaliações digitais, uma relação enfatizada na literatura sobre resultados eficazes de aprendizagem digital (Barbosa Junior; Viana, 2021; Pereira; Leite, 2020).

Por outro lado, as outras escolas enfrentaram barreiras. Os discentes da EPr não participaram das atividades digitais, o que, apesar da excelente infraestrutura, ressalta o papel essencial da mediação docente e da orquestração pedagógica ativa (Mustafa; Nguyen; Gao, 2024; Santos *et al*., 2022) para fomentar o engajamento. A EC mostrou menor engajamento quantitativo, mas seu desempenho no Desafio é revelador. Apesar das limitações, 9,1% dos discentes da EC aplicaram corretamente os conceitos, sugerindo que uma compreensão qualitativa significativa pode emergir de âncoras fenomenológicas (Mortimer, 2000) mesmo com uso digital limitado (Johnstone, 2000). Neste estudo, observações durante o experimento de baixo custo da pilha de limão serviram como âncoras primárias. Os discentes estabeleceram correlações entre mudanças macroscópicas, como leituras de voltagem no multímetro, e princípios químicos submicroscópicos, incluindo reações de oxirredução espontâneas, transferência de elétrons e potenciais padrão de redução. Esse ancoramento fenomenológico fomentou a aprendizagem significativa. Transformando um tópico abstrato em uma experiência tangível, os discentes ancoraram novos conceitos químicos a conhecimentos prévios, melhorando assim sua compreensão e retenção do material.

As disparidades nas pontuações do *Quiz no Moodle* (rever Tabela 4), registradas apenas para a EPu, destacam como fatores socioeconômicos e a divisão digital pedagógica (Kenski, 2015) afetam o engajamento. No geral, os dados corroboram que a aprendizagem é multifacetada, influenciada tanto pelo acesso quanto pela qualidade. Enquanto as pontuações quantitativas dependem da infraestrutura, a compreensão qualitativa se desenvolve por meios alternativos. Isso ressalta a necessidade de superar a divisão digital integrando o acesso tecnológico com suporte pedagógico robusto (Mustafa; Nguyen; Gao, 2024; Rodrigues; Gibin, 2022) para melhorar a equidade educacional em diversos contextos.

3.3.3.5 Sequência didática de eletroquímica: O impacto do tipo de escola no desempenho dos discentes

A sequência didática sobre eletroquímica foi desenvolvida com uma abordagem contextualizada e estratégias ativas para facilitar a compreensão do tema (Santos *et al*., 2018), sendo aplicada em três realidades educacionais distintas. Priorizaram-se atividades com

tecnologia, experimentação e competição, relacionando conceitos a situações cotidianas, integrando os conhecimentos construídos. Os resultados evidenciaram diferenças significativas no engajamento, desempenho e participação dos discentes, conforme discutido a seguir.

A primeira aula **(Problematização inicial)** introduziu o projeto por meio de uma apresentação de slides (Figura 28), exibindo os objetivos e convidando os discentes a participar da pesquisa mediante consentimento formal (TCLE/TALE) (Apêndices A, B e C). Foi lançado um concurso de logomarca para representar as ferramentas, e os discentes receberam orientações sobre o acesso às plataformas digitais (*Moodle* – Anexo B, *Instagram* – Apêndice K, *WhatsApp* – Apêndice L). A pesquisadora sugeriu uma pesquisa com termos como "eletroquímica" e "cotidiano" para inspirar a criação das logomarcas, utilizando exemplos visuais (ferrugem, pilhas e outros) para contextualizar o tema.

Figura 28: Registros fotográficos da Aula 1 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C).



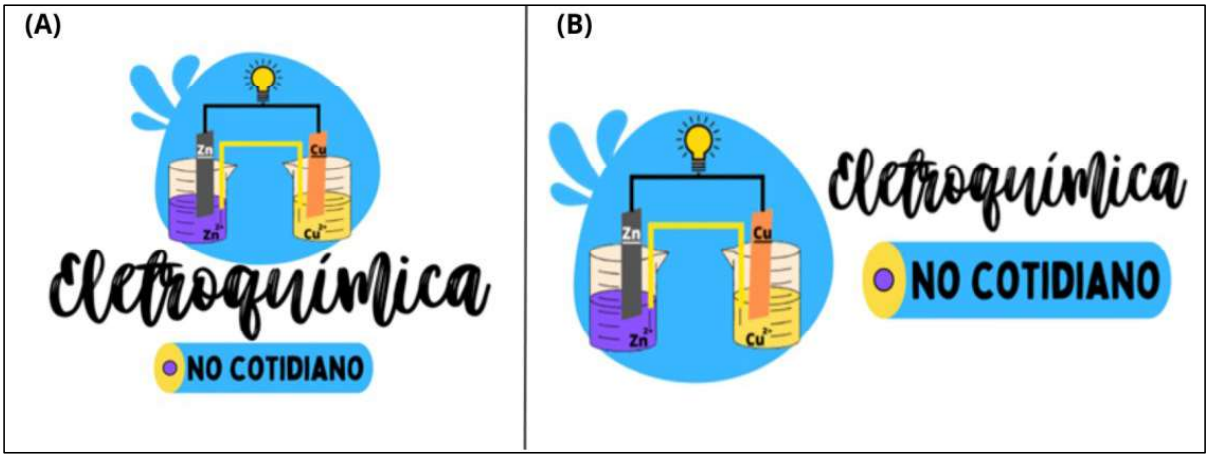
Fonte: Autoria própria (2026).

A análise de logos na *internet* relacionados a processos eletroquímicos serviu como estratégia pedagógica para associar teoria e prática. Ao explorar símbolos e informações dessas imagens, os discentes relacionaram reações de oxirredução, transferência de elétrons e diferença de potencial a fenômenos do cotidiano, reforçando a compreensão científica de maneira contextualizada.

Ao final da exposição dialogada do projeto nas três escolas, percebeu-se o surgimento de algumas dúvidas no que tange às regras de participação no *Concurso de Logomarca*. Na EC, os discentes questionaram o conceito de logomarca. Para esclarecer, a pesquisadora usou a logo do projeto (Figura 29) como exemplo, explicando itens como formatação (vertical/horizontal)

e disposição de elementos (textos e imagens). Nas escolas EPu e EPr, os discentes perguntaram se poderiam trabalhar em duplas, o que foi permitido. No entanto, apenas os discentes da EPu participaram, e todos entregaram propostas individuais.

Figura 29: Versões vertical (A) e horizontal (B) da logomarca utilizada no projeto *Eletroquímica no Cotidiano*.



Fonte: Autoria própria (2026).

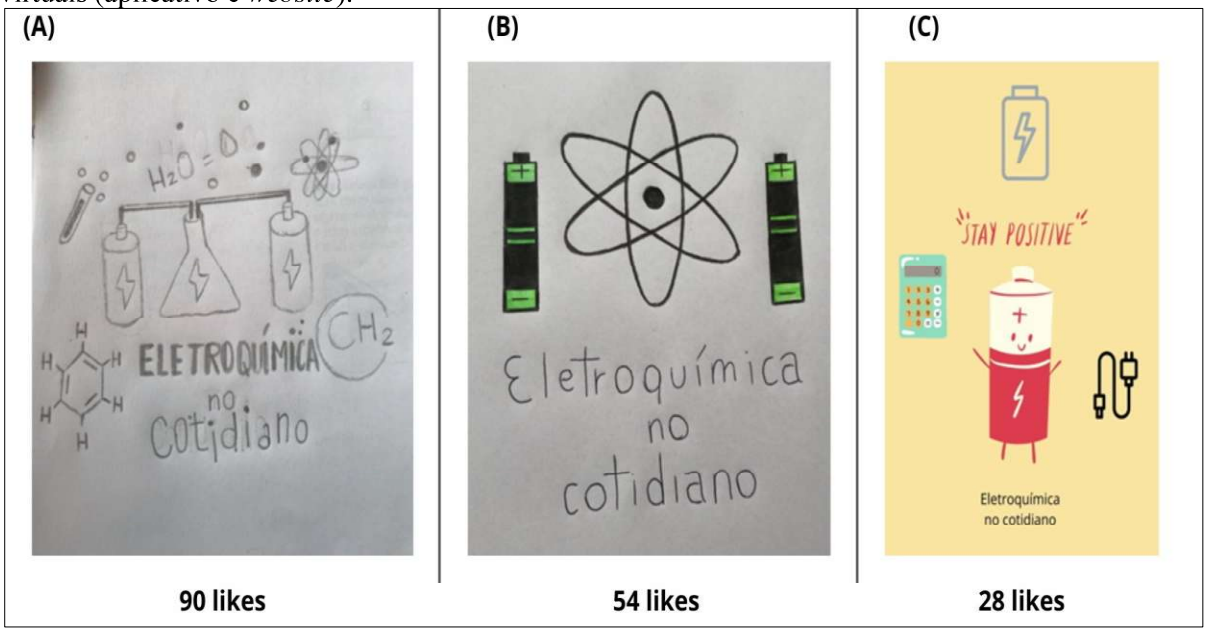
Nas três escolas participantes do projeto, observou-se instabilidade na rede *wi-fi* na primeira aula, dificultando o acesso à plataforma *Moodle* para a resolução de exercícios. Isso impactou negativamente os resultados qualitativos e quantitativos da aprendizagem. Na EPr, os discentes enfrentaram maiores dificuldades para acessar o *Moodle*, solicitando ajuda frequente da pesquisadora. Já na EC, devido a uma atividade interclasse, os discentes não puderam acessar a plataforma em sala, mas receberam um vídeo tutorial, via *WhatsApp*, sobre como acessar o *Moodle*, que se mostrou eficaz, pois todos os discentes desta escola conseguiram acessar a plataforma.

Grupos de *WhatsApp* (Apêndice L) foram criados para cada escola, auxiliando no esclarecimento de dúvidas e no cumprimento de prazos. A adesão variou entre as escolas participantes: 55% (EPu), 32% (EPr) e 86% (EC). A baixa participação na EPr pode estar relacionada à ausência dos docentes regentes e ao conhecimento introdutório em eletroquímica por estes discentes. Os discentes também foram incentivados a seguir o perfil do projeto no Instagram (@eletroquimicanocotidiano), que, ao final da sequência didática, contava com 108 seguidores (53% discentes, 5% docentes e 42% comunidade externa).

No *Concurso de Logomarca*, apenas 10 discentes da EPu participaram (equivalente a 8,5% do total de discentes das três escolas), com 9 envios no prazo. Desses, 7 logomarcas estavam dentro das regras e foram postadas no Instagram. As três logomarcas mais curtidas (90, 54 e 28 *likes*) avançaram para a etapa final, decidida pelos docentes por meio de votação virtual (Figura 30). A logomarca C foi considerada a mais representativa das ferramentas propostas,

recebendo aprovação de 66,7% dos docentes.

Figura 30: Propostas de logomarcas finalistas do concurso para representar graficamente as ferramentas virtuais (aplicativo e *website*).



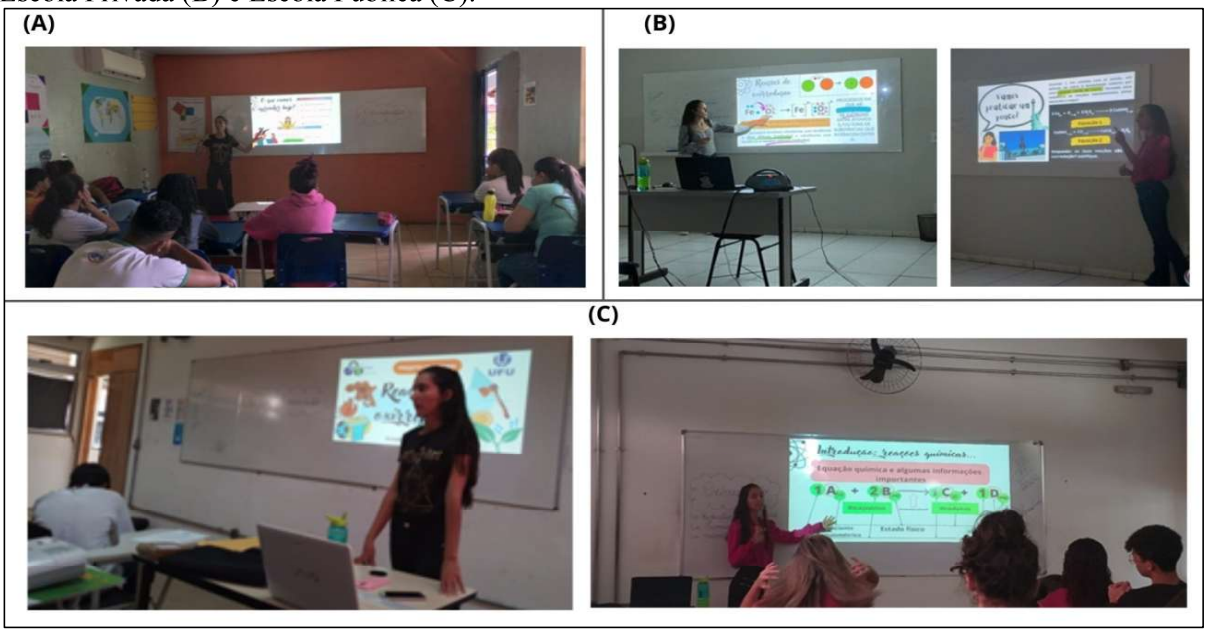
Fonte: Autoria própria (2026).

Com base nos resultados apresentados é possível inferir que o engajamento discente durante a aula introdutória corrobora estudos sobre disparidades educacionais mediadas por contextos institucionais (Ernica; Rodrigues; Soares, 2024). A maior participação na EPu (8,5% no *Concurso de Logomarca*) reflete achados de Libâneo (2020) sobre a eficácia de estratégias competitivas em escolas públicas para aumentar a motivação discente. Na EC, a alta adesão ao *WhatsApp* (86%) alinha-se à literatura que destaca plataformas informais como facilitadoras da comunicação em comunidades escolares (Santos *et al.*, 2022), embora as dúvidas conceituais confirmem a necessidade de adaptar o ensino às necessidades individuais de cada discente em atividades criativas (Vygotsky, 2007, 2010). Já a baixa interação na EPr (32%) contradiz expectativas teóricas sobre infraestrutura digital em escolas privadas, possivelmente devido a fatores motivacionais, como discutido por Ryan e Deci (2018). A instabilidade da *wi-fi* e seu impacto desigual (*Moodle* inacessível na EPr *versus* adaptação via *WhatsApp* na EC) exemplificam a "divisão digital pedagógica" descrita por Kenski (2015), onde soluções improvisadas mitigam, mas não resolvem, desigualdades estruturais.

Na **Aula 2 (Organização do conhecimento)**, conceitos fundamentais de eletroquímica (oxidação, redução, número de oxidação, potenciais padrão) foram abordados, com ênfase em aplicações cotidianas (Figura 31). Os discentes demonstraram conhecimento superficial, citando termos como "oxidação" e "redução" sem aprofundamento conceitual. A discussão sobre a oxidação da Estátua da Liberdade despertou maior interesse, mas apenas 4,9% (EPr) e

6,7% (EC) dos discentes associaram corretamente a coloração verde do monumento ao processo eletroquímico do cobre.

Figura 31: Registros fotográficos da Aula 2 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C).



Fonte: Autoria própria (2026).

A coloração esverdeada do monumento resulta da oxidação do cobre em etapas, formando diferentes compostos na superfície do metal — material original da estrutura — e não de uma pintura. Quimicamente, esse processo ocorre devido à exposição prolongada ao ar úmido e salino (Da Silva *et al.*, 2021), que inicialmente forma óxido de cobre I e óxido de cobre II (Equações 1 e 2) e, posteriormente, carbonato de cobre básico (Equação 3), a pátina verde característica. Essa camada estável protege o metal contra corrosão adicional, embora poluentes urbanos e maresia tenham acelerado sua formação. Portanto, como destacam Côgo e colaboradores (2022), a contextualização aproxima o conhecimento escolar da realidade, tornando as aulas mais dinâmicas e engajando os discentes no processo de aprendizagem.

$$4\ Cu_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ Cu_2O_{(s)} \quad (1)$$

$$2\ Cu_2O_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 4\ CuO_{(s)} \quad (2)$$

$$2\ Cu_{(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow Cu_2CO_3(OH)_{2(s)} \quad (3)$$

Portanto, os dados revelaram um conhecimento prévio superficial dos discentes sobre eletroquímica, onde termos como "oxidação" e "redução" foram mencionados sem aprofundamento conceitual, corroborando a teoria de Ausubel (2000) sobre a importância de ancorar novos conhecimentos em conceitos ou ideias pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A contextualização com exemplos cotidianos (ex.: oxidação da Estátua da Liberdade) demonstrou potencial para despertar interesse, conforme destacam Zabala (1998) e

Delizoicov *et al.* (2002) em suas abordagens sobre ensino significativo. No entanto, a baixa associação espontânea entre a cor verde do monumento e o processo eletroquímico existente (apenas 4,9% na EPr e 6,7% na EC) evidencia lacunas na transposição didática de conceitos abstratos, alinhando-se às críticas de Mortimer (2000) sobre a necessidade de mediação docente para superar obstáculos epistemológicos. Esses resultados reforçam a importância de atividades investigativas (Lima, 2024) e modelagens concretas (Carvalho, 2013) para consolidar aprendizagens em Química.

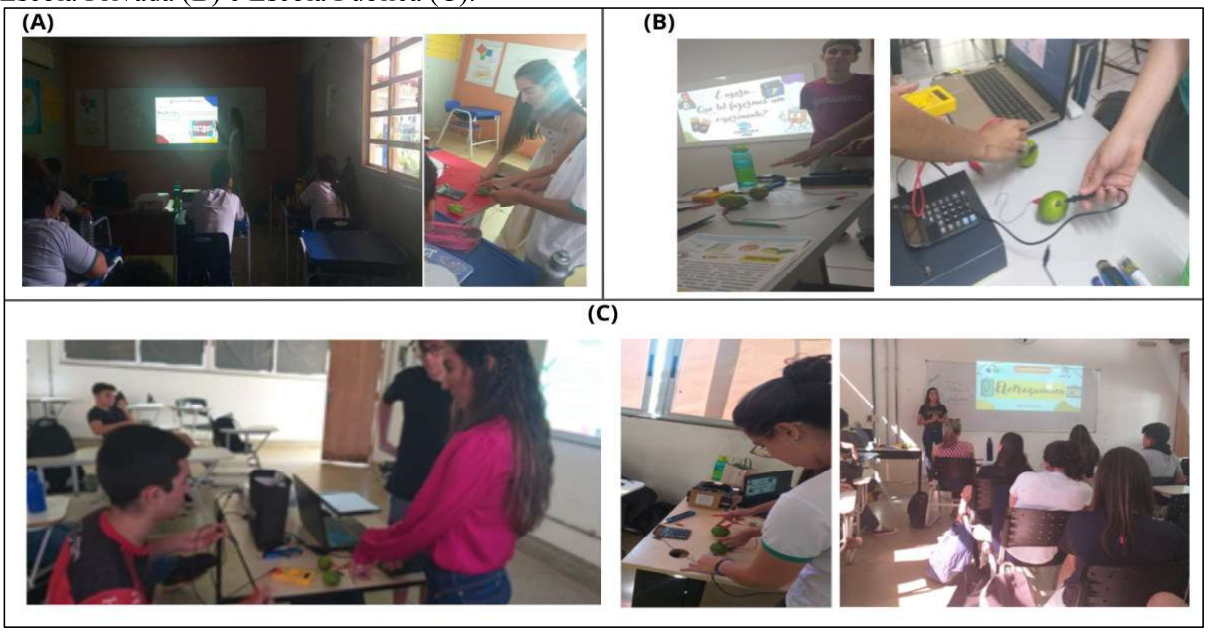
A abordagem teórica contextualizada sobre pilhas e eletrólises **(Aula 3)** com aplicações cotidianas (Figura 32) mostrou-se eficaz no engajamento discente e articulação teoria-prática, sendo particularmente relevante para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), conforme evidenciado pelo desempenho de discentes da EPr e estudos publicados (Pina, 2022; Romão *et al.*, 2021). O experimento adaptado (Santos *et al.*, 2018) da *Pilha de Limão com Moedas* (Quadro 5) destacou-se como atividade mais engajadora, embora a turma de Eletrotécnica (EPu) tenha enfrentado dificuldades práticas iniciais ($\Delta E_{experimental} < \Delta E°_{teórico}$, o que acarretou no não funcionamento da pilha), enquanto a EC demonstrou maior entusiasmo na atividade prática possivelmente pela inexistência de atividades experimentais nas aulas de ciências em função da ausência de infraestrutura adequada. Estes achados corroboram com Santos *et al.* (2018) sobre a eficácia de experimentos de baixo custo em contextos com infraestrutura limitada.

O fato de a pilha caseira não ter atingido o valor teórico de **1,1 V**, característico da Pilha de Daniell, pode ser explicado principalmente pela presença de **camadas de óxidos** nos eletrodos utilizados. Os pregos galvanizados, ao serem expostos ao ar, desenvolvem uma película de óxido de zinco (ZnO), que atua como barreira isolante, dificultando a transferência de elétrons na interface eletrodo-eletrólito. De forma semelhante, as moedas de cobre, por serem constituídas de ligas metálicas, apresentam frequentemente óxidos de cobre (Cu_2O e CuO) formados pela corrosão atmosférica. Essa camada de passivação impede o contato direto entre o metal e o eletrólito (suco de limão), inviabilizando inicialmente as reações de oxirredução necessárias para a geração de corrente elétrica.

O processo de **lixamento dos eletrodos** desempenha papel crucial nesse contexto: além de remover a camada de óxido e expor o metal ativo subjacente, aumenta a área de contato efetiva com o eletrólito, restabelecendo as condições para que a reação eletroquímica espontânea ocorra (Kotz, 2009). Esse procedimento permite, então, a medição de um potencial elétrico próximo ao esperado.

Esse fenômeno constitui uma excelente oportunidade pedagógica para discutir com os discentes aspectos da **cinética das reações eletroquímicas**, a influência da **passivação superficial** e a importância da **preparação adequada dos eletrodos** em experimentos práticos. Além disso, evidencia como fatores experimentais — muitas vezes negligenciados em cálculos teóricos — podem impactar significativamente os resultados obtidos em situações reais de ensino e aprendizagem.

Figura 32: Registros fotográficos da Aula 3 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C).



Fonte: Autoria própria (2026).

Quadro 5: Lista de materiais alternativos para a montagem da *Pilha de Limão com Moedas*.

Material base para construção da pilha caseira	Material alternativo (baixo custo e fácil aquisição)	Informações complementares
Fruta	- 2 limões do tipo Taiti	Os limões utilizados no experimento foram adquiridos em supermercados locais.
Metais	- 2 moedas de cobre - 2 pregos de zinco	Os metais foram obtidos em estabelecimentos comerciais comuns, sendo a moeda representativa de metais de uso corrente e o prego de metais utilizados na construção civil. Antes da utilização, os metais foram cuidadosamente polidos com palha de aço para remover quaisquer impurezas superficiais e garantir seu funcionamento no experimento. Em seguida, os resíduos gerados pelo polimento foram removidos com papel toalha, assegurando que as superfícies metálicas estivessem limpas e prontas para o

		procedimento subsequente.
Conectores	- Fios condutores com garras de jacaré	Fios condutores elétricos, equipados com garras de jacaré em suas extremidades, foram adquiridos em lojas especializadas em materiais elétricos e hidráulicos.
Outros	- Estilete (para cortar os limões e inserir os metais) - Multímetro (para medir a voltagem da pilha) - Calculadora (para testar o funcionamento da pilha) - Pilha alcalina (para comprovar a medida real da pilha industrializada)	Para finalizar o experimento, um multímetro, instrumento utilizado para medir tensão, corrente e resistência elétrica, foi adquirido em uma loja especializada em materiais elétricos. Adicionalmente, uma calculadora foi obtida em uma papelaria, com o objetivo de auxiliar nos cálculos básicos e análises necessárias para o teste de funcionamento da pilha caseira.

Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

As medições com multímetro (Tabela 5) revelaram valores próximos ao teórico ($\Delta E°_{célula}$ = +1,1V), confirmando a espontaneidade do processo de oxirredução, conforme a relação entre energia livre de Gibbs e força eletromotriz (Kotz, 2009), com variações atribuídas a fatores como acidez do limão e oxidação dos eletrodos. O potencial padrão da célula ($E°_{célula}$) é calculado pela diferença entre os potenciais padrão de redução do cátodo (maior $E°$, tendência a reduzir) e do ânodo (menor $E°$, tendência a oxidar). Aplicando-se os valores do cobre (+ 0,34 V) e do zinco (- 0,76 V), obtém-se o $E°_{célula}$, conforme cálculo detalhado na Equação 4. É importante destacar que o vídeo do experimento disponibilizado no *Moodle*, conforme De Lima *et al*. (2022), facilitou a compreensão dos conceitos por meio de elementos audiovisuais, reforçando a aprendizagem ativa e contextualizada.

$$\Delta E°_{célula} = E°_{cátodo} - E°_{ânodo} \quad (4)$$

$$\Delta E°_{célula} = (+\ 0{,}34) - (-\ 0{,}76)$$

$$\Delta E°_{célula} = +\ 1{,}1\ \text{V}$$

Tabela 5: Valores experimentais de potencial padrão (ΔE / V)* obtidos em cinco experimentos (em condições padrão) de pilhas caseiras realizados em três escolas.

Experimento *Pilha de Limão com Moedas*	$\Delta E°_{célula\ (valor\ teórico)}$ **/ V**	$\Delta E_{(valor\ experimental)}$ **/ V**
EPu (Turma Química)	+1,1	+1,43
EPu (Turma Eletrotécnica)	+1,1	+1,0
EPr (Turma A)	+1,1	+1,04
EPr (Turma B)	+1,1	+1,51
EC	+1,1	+1,03

*Os valores positivos do potencial padrão da célula ($\Delta E > 0$) observados nas pilhas caseiras de cada escola indicam reações de oxirredução espontâneas. Esses valores normalmente variam entre 0,5–1,5 V, dependendo dos pares de eletrodos adotados, da acidez do eletrólito e dos estados de oxidação superficiais.
Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

É fundamental destacar que os valores experimentais de potencial (ΔE) apresentados na Tabela 5 foram obtidos com eletrodos de composição não-pura, o que introduz desvios significativos em relação ao potencial padrão teórico ($\Delta E° = +1{,}1\ V$) calculado para eletrodos constituídos de metais puros (zinco e cobre). As chamadas *"moedas de cobre"* utilizadas não são formadas por cobre elementar, mas por ligas metálicas — geralmente bronze ou latão — que contêm cobre, zinco e estanho. De modo semelhante, os *"pregos galvanizados"* possuem uma base de aço (liga de ferro e carbono) recoberta por uma fina camada de zinco. Essa camada, embora funcione como ânodo do sistema, não corresponde a um eletrodo de zinco puro e sua superfície pode apresentar óxidos ou contaminantes decorrentes da exposição atmosférica.

A utilização desses materiais alternativos, embora viabilize a realização da prática em contextos de infraestrutura limitada e em temperaturas e pressões diferentes das CNTP — como nas escolas do campo —, afasta o sistema das **condições padrão** (25 °C, 1 bar, concentração de íons metálicos igual a 1 mol·L^{-1} e eletrodos de metais puros), conforme estabelecido pela literatura especializada (Kotz, 2009). Como consequência, os potenciais medidos experimentalmente podem divergir do valor teórico, ora apresentando valores inferiores, ora superiores, em função das características físico-químicas dos materiais empregados e das condições reais de operação.

Essa variação, longe de ser um problema, foi explorada didaticamente durante as aulas, permitindo que os discentes compreendessem a influência da **pureza dos materiais**, da **formação de óxidos superficiais** e das **condições experimentais** sobre a força eletromotriz de uma pilha. Dessa forma, o experimento não apenas evidenciou a discrepância entre teoria e prática, mas também se configurou como uma oportunidade pedagógica para discutir a relação entre idealização teórica e realidade experimental, favorecendo uma compreensão crítica e contextualizada dos fenômenos eletroquímicos.

Os resultados do experimento da pilha de limão revelaram padrões distintos entre os tipos de escola. Na EPu (turma de Eletrotécnica), os discentes demonstraram familiaridade conceitual, mas apresentaram erros experimentais no primeiro ensaio (ΔE: +1,0 V), o que corrobora os achados de Smith *et al.* (2019) sobre a lacuna entre conhecimento teórico e aplicação prática na educação profissional. Os discentes não sabiam explicar o motivo do valor experimental estar distante do teórico e, por isso, a doutoranda interveio explicando que este resultado provavelmente está relacionado a formação de óxidos na superfície dos metais, sendo

necessário o lixamento para garantir resultados mais próximos ao teórico. Os discentes da EC exibiram maior entusiasmo e obteve resultados mais próximos dos valores teóricos (ΔE: +1,03 V), apoiando as observações de Müller e Schmidthals (2021) sobre os benefícios motivacionais de atividades práticas em ambientes de aprendizagem em comunidades. Já os discentes da EPr tiveram dificuldades na identificação dos eletrodos (confusão entre ânodo e cátodo), apesar de medições aceitáveis (ΔE: +1,04 V e +1,51 V), consistente com a pesquisa de Talanquer (2020) sobre obstáculos conceituais no ensino de eletroquímica em discentes de escolas tradicionais. Essas variações se familiarizaram com as conclusões do estudo intercultural de Wang e Tsai (2018), que destacou como diferentes contextos educacionais influenciam a compreensão dos princípios da eletroquímica.

Na etapa de **Aplicação do Conhecimento**, os discentes analisaram uma tirinha que representava a corrosão de elmos de ferro de cavaleiros medievais devido à exposição prolongada à chuva (rever Figura 8). Esta atividade, disponibilizada no *Moodle*, visava consolidar os princípios eletroquímicos envolvidos nos processos corrosivos, particularmente as reações de oxirredução em metais como o ferro em meio aquoso. Como estratégia de motivação extrínseca para a realização da atividade proposta, premiou-se o primeiro discente de cada instituição que apresentasse a resposta correta da questão dissertativa do *Desafio da Eletroquímica*, visando estimular o engajamento e uma competição colaborativa entre as três escolas envolvidas, alinhando-se aos achados de Tavares *et al.* (2024), que destacam o papel das premiações pedagógicas no alcance de objetivos cognitivos e no desenvolvimento de habilidades socioemocionais. A atividade também reforçou a perspectiva de Barbosa *et al.* (2024) sobre a eficácia de contextualizações temáticas.

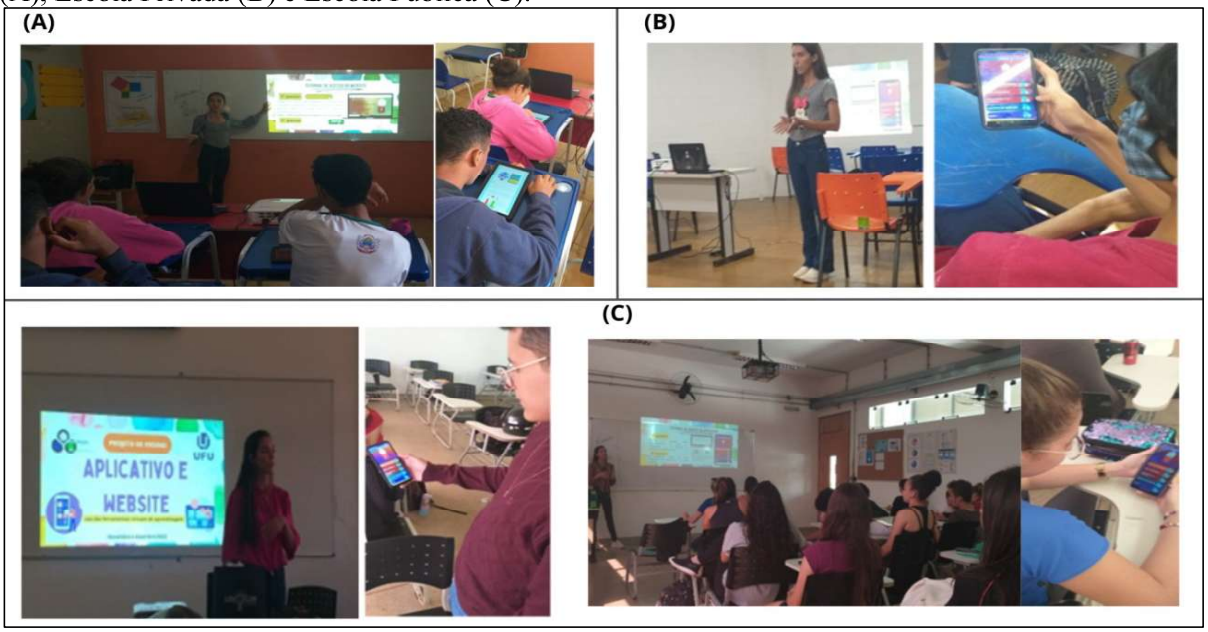
Os dados quantitativos obtidos no *Desafio da Eletroquímica* (ver Tabela 4) mostraram que 68,2% dos discentes da EPu e 9,1% da EC apresentaram respostas com aplicação correta do conceito, incluindo identificação de reações de oxirredução, número de oxidação (Nox), potenciais padrão de redução e análise do fenômeno eletroquímico. Como os discentes da EPr não participaram, os prêmios pedagógicos (agendas personalizadas) foram distribuídos entre os alunos da EPu e da EC, e a vencedora do *Concurso de Logomarca* recebeu uma garrafa e agenda personalizadas com a logo do projeto.

Os resultados do *Desafio da Eletroquímica* revelaram disparidades significativas no engajamento e desempenho entre as instituições. Na EPu, observou-se elevada participação (86,4% dos discentes) e taxa de acertos considerável (68,2%), achado que dialoga com as pesquisas de Chen e Huang (2024) sobre a efetividade de plataformas digitais em escolas públicas quando há adequada mediação docente. Em contraste, a EC apresentou baixa

participação (13,6%) e desempenho (9,1% de acertos), padrão que corrobora os estudos de Jenkins *et al.* (2019) sobre as barreiras de acesso digital em comunidades periféricas. A ausência total de participação da EPr surpreende, contradizendo expectativas baseadas em Selwyn (2021), que associa instituições privadas a maior familiaridade com tecnologias educacionais - lacuna possivelmente explicável por fatores motivacionais (ausência dos docentes regentes durante a realização da intervenção didática).

Problemas técnicos impediram o desenvolvimento completo do aplicativo e *website* planejados, levando à condensação das duas últimas aulas (**Aulas 4 e 5**). A pesquisadora demonstrou as ferramentas projetando-as em sala, já que a instabilidade da *internet* impediu o *download* do aplicativo pela maioria dos discentes. Apesar disso, os estudantes mostraram interesse em utilizar os recursos para revisão e preparação para vestibulares (Figura 33).

Figura 33: Registros fotográficos das Aulas 4 e 5 da sequência didática aplicada na Escola do Campo (A), Escola Privada (B) e Escola Pública (C).



Fonte: Autoria própria (2026).

Os dados demonstraram que, na atividade avaliativa final (*Quiz no Moodle*), apenas discentes da Escola Pública (EPu) participaram (38,0%), com 50% de acerto nas duas questões de múltipla escolha sobre oxirredução, agentes oxidante e redutor, fluxo de elétrons no fio condutor e íons na ponte salina. É relevante destacar que esses mesmos discentes também foram os únicos a submeter propostas de logomarca para o aplicativo e *website* no *Moodle*, atividade vinculada à Aula 3. A participação concentrada nesse grupo pode ser atribuída a dois fatores principais: incentivo extrínseco (Johnstone, 2000) (pontos extras em Química) e ao acompanhamento pedagógico das docentes durante o projeto supervisionado pela doutoranda. Esses resultados sugerem que estratégias combinadas – recompensas acadêmicas e mediação

docente contínua – são determinantes para a participação efetiva em atividades digitais (Kang *et al.*, 2025).

A avaliação da sequência didática, conforme apresentado no Quadro 6, revela tanto os avanços nas habilidades cognitivas dos discentes, quanto às lacunas a serem superadas. O *website*, desenvolvido pela pesquisadora no *Canva* (domínio gratuito), requer conexão à *internet*, enquanto o aplicativo, programado por um discente do ensino superior da EPu, é gratuito, em português, opera *offline* após o *download* (disponível apenas para *Android* na época em que foi executada a intervenção) e exibe a logomarca vencedora. Após a utilização dessas ferramentas, apenas os discentes da EPu realizaram os exercícios de eletroquímica no *Moodle*, alcançando 50% de melhoria conceitual. O Quadro 6 evidencia os avanços nas habilidades cognitivas, como a compreensão de conceitos eletroquímicos e a aplicação em contextos práticos, mas aponta a necessidade de maior ênfase no balanceamento de equações, uso da tabela de potenciais-padrão de redução e exploração mais aprofundada dos recursos digitais. Portanto, para que esses recursos cumpram seu objetivo de promover o protagonismo discente, estimulando o raciocínio e a criatividade (Rodrigues; Gibin, 2022), é necessário aprimorar a utilização dos materiais *Eletroquímica no Cotidiano*, de modo a potencializar o engajamento e a aprendizagem conceitual nesta área do conhecimento.

Quadro 6: Análise crítica da eficácia da sequência didática de eletroquímica em termos de habilidades adquiridas e necessidades de aprimoramento.

Aula	Descrição da aula	Habilidades atingidas	Habilidades a serem aprimoradas ou que necessitem de mais tempo de execução
1	Apresentação do projeto *Eletroquímica no Cotidiano* e o concurso de logomarca para o aplicativo e *website.*	* Compreender a importância da eletroquímica no dia a dia; * Identificar aplicações da eletroquímica em diferentes áreas; * Demonstrar interesse e curiosidade pelo tema.	-
2	Conhecimentos prévios dos alunos em relação ao tema e discussão das reações de oxirredução.	* Recordar conceitos básicos de química relacionados à eletroquímica; * Compreender o conceito de oxirredução e suas aplicações; * Identificar agentes oxidantes e redutores em reações químicas.	* Maior ênfase no balanceamento de equações de oxirredução; * Aplicação da tabela de potenciais padrões de redução.
3	Pilhas e eletrólises, experimento caseiro (*Pilha de Limão com Moedas*) e *Desafio da eletroquímica* (interpretação de charge).	* Construir uma pilha caseira e compreender o seu princípio de funcionamento; * Diferenciar pilhas e eletrólises;	* Compreensão dos processos eletroquímicos envolvidos na pilha caseira;

		* Aplicar conceitos de eletroquímica na resolução de problemas.	* Análise dos resultados do experimento e elaboração de conclusões mais aprofundadas.
4 e 5	Uso de aplicativo e *website* desenvolvidos para o projeto *Eletroquímica no Cotidiano* e realização de atividade avaliativa na Plataforma *Moodle*	* Utilizar ferramentas digitais para aprofundar o conhecimento sobre eletroquímica; * Realizar atividades avaliativas para consolidar a aprendizagem; * Desenvolver habilidades de pesquisa e comunicação.	* Exploração completa e aprofundada dos recursos do aplicativo e *website*, e realização de atividades avaliativas em aulas distintas para garantir o máximo aproveitamento dos alunos; * Análise crítica das informações e desenvolvimento de argumentos.

Fonte: Autoria própria (2026).

Em síntese, o reduzido engajamento da EPr contrastou marcadamente com a participação ativa nas demais instituições, evidenciando a relevância da mediação docente e das metodologias ativas (Santos *et al.*, 2023). A abordagem dos 3 MPs mostrou-se eficiente na articulação entre conceitos eletroquímicos e aplicações cotidianas, mitigando limitações temporais. As estratégias implementadas revelaram que a interatividade foi fundamental para a motivação discente, exceto na EPr, onde o conhecimento prévio mostrou-se contraproducente. As atividades experimentais (*Pilha de Limão com Moedas*), competitivas (*Desafio da Eletroquímica*) e digitais (aplicativo/*website*), quando associadas à contextualização prática, promoveram ganhos conceituais de 50% para os discentes da EPu e interações colaborativas nas três escolas, corroborando pesquisas sobre a eficácia de abordagens lúdico-experimentais (Dos Santos; Da Costa, 2021) e a relação entre metodologias ativas e construção argumentativa (De Oliveira *et al.*, 2025).

3.3.4 Discussão

Os achados demonstram que a integração de ferramentas digitais no quadro dos Três Momentos Pedagógicos (Muenchen; Delizoicov, 2012; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002) potencializa o engajamento e a aprendizagem. Isso está alinhado com a pedagogia construtivista (Carvalho, 2013; Santos *et al*., 2018; Ernica; Rodrigues; Soares, 2024; Lima, 2024), onde os discentes constroem conhecimento ativamente por meio da aprendizagem baseada em investigação.

3.3.4.1 Engajamento e abordagem metodológica: Contrastes e convergências

A convergência na participação confirma que atividades práticas e de baixo custo são eficazes para fomentar a motivação e estabelecer pontes entre conceitos teóricos e fenômenos observáveis - um pilar da aprendizagem construtivista (Carvalho, 2013; Santos *et al*., 2018;

Ernica *et al*., 2024). Em vez de demonstrações passivas, esses achados sugerem que a experimentação prática não apenas aumenta o engajamento, mas também apoia a transição do raciocínio intuitivo para o pensamento científico baseado em evidências. Isso está alinhado com a pedagogia investigativa e os quadros de aprendizagem ativa, onde o trabalho investigativo promove o raciocínio por meio da ação e da reflexão (Nzomo *et al*., 2023; Wang *et al*., 2025). Consequentemente, os resultados reforçam que a prática experimental impulsiona os processos colaborativos e interativos essenciais para a construção do significado científico (Santos *et al*., 2018; Amâncio *et al*., 2026).

Os resultados do *Desafio da Eletroquímica* (rever Tabela 4) sugerem que a aprendizagem significativa de reações de oxirredução é mais provável de ocorrer quando a instrução exige que os discentes articulem os 3 MPs, resolvam problemas contextualizados e avaliem ideias em relação a evidências. Isso está alinhado com a pedagogia construtivista, sugerindo que o conhecimento é ativamente construído ao conectar novos conceitos à compreensão prévia (Ausubel, 2000; Zabala, 1998; Romão *et al*., 2021; Barbosa *et al*., 2024; Ausubel; Stager; Gaite, 1968). Reflete ainda a aprendizagem baseada em investigação, à medida que os discentes investigam relações e analisam evidências em vez de recordar definições. Consequentemente, as tarefas do Desafio criam espaços de aprendizagem ativa que exigem participação cognitiva para construir compreensão eletroquímica duradoura. No entanto, dificuldades iniciais na identificação de eletrodos durante experimentos (ex.: confusão entre os papéis de ânodo e cátodo) destacam a lacuna entre familiaridade superficial e compreensão conceitual profunda (Talanquer, 2020; Jenkins et al., 2019). Superar essa lacuna requer mediação com andaimes e investigação guiada para transformar observações em raciocínio cientificamente fundamentado e baseado em evidências (Ausubel, 2000).

Inversamente, a divergência no engajamento digital revela que a mediação pedagógica, não apenas a infraestrutura, determina a participação sustentada. Sem a orientação do docente, o valor educacional das ferramentas digitais é significativamente reduzido. A ausência do docente regente diminuiu a motivação dos discentes e a percepção de relevância da tarefa, reforçando que o suporte instrucional é essencial para transformar recursos digitais em experiências de aprendizagem autônoma e significativa (Kenski, 2015; Ryan; Deci, 2018; Santos *et al*., 2022; Johnstone, 2000).

3.3.4.2 O Impacto da divisão digital e soluções adaptativas

O menor acesso ao *Quiz no Moodle* (Tabela 4) reflete a “divisão digital pedagógica” (Kenski, 2015), onde o acesso desigual à tecnologia limita a participação e molda as

experiências de aprendizagem (Santos *et al*., 2022; Selwyn, 2021). Sob as perspectivas construtivista e investigativa, a aprendizagem prospera por meio da interação iterativa; o acesso desigual cria, portanto, oportunidades desiguais para a construção do conhecimento e reflexão. Em termos de aprendizagem ativa, essa barreira não é apenas tecnológica, mas também pedagógica: o acesso inconsistente exclui os estudantes das atividades participativas essenciais para o desenvolvimento conceitual.

Para mitigar isso, estratégias adaptativas — como a projeção em sala de aula na EC — serviram como andaimes orientados para a equidade. O andaime é vital na pedagogia construtivista, apoiando os aprendizes em tarefas que ainda não podem dominar de forma independente. A projeção de materiais preservou as oportunidades de discussão e construção de sentido, apesar das restrições. Adicionalmente, a alta adesão da EC ao *WhatsApp* (86%) sugere que aplicativos móveis familiares e de baixo limiar apoiam as dimensões sociais da aprendizagem construtivista, facilitando a mediação dentro de comunidades com recursos limitados (Santos *et al*., 2022).

No entanto, ferramentas móveis requerem avaliação quanto à usabilidade e inclusividade (Rosa *et al*., 2022; Fonseca *et al*., 2021; Hassan *et al*., 2023). Ferramentas eficazes devem fomentar a participação ativa em vez da recepção passiva. Em última análise, superar a divisão digital requer design instrucional deliberadamente fundamentado em princípios construtivistas e baseados em investigação, garantindo que os recursos digitais promovam participação ativa em vez de acesso passivo (De Oliveira; Leite, 2024; Hassenzahl, 2018).

3.3.4.3 Síntese e implicações pedagógicas

O quadro dos 3 MPs mostrou-se eficaz quando a mediação do docente permaneceu sustentada, alinhando-se à pedagogia construtivista, onde os facilitadores apoiam os aprendizes na co-construção de significado (Muenchen; Delizoicov, 2012; Santos *et al*., 2023). Adicionalmente, a experimentação contextualizada ancorou o desenvolvimento conceitual, refletindo princípios investigativos que conectam evidências a ideias científicas (Carvalho, 2013; Lima, 2024). A flexibilidade tecnológica também abordou as disparidades infraestruturais, protegendo a participação dos discentes em tarefas de aprendizagem ativa (Kenski, 2015; Rodrigues; Gibin, 2022). Assim, o quadro é bem-sucedido ao criar condições para a exploração e reflexão guiadas. Esses achados alinham-se com a educação científica baseada na comunidade que prioriza a inclusão (Müller; Schmidthals, 2021). Pesquisas futuras devem avaliar ganhos longitudinais, modelos mentais, avaliações alternativas, jogos e sequências didáticas para apoiar a construção do conhecimento e a investigação no ensino de

Química, com base em modelos híbridos (integração de metodologias ativas com ferramentas digitais acessíveis) (Pina, 2022; Da Silva *et al*., 2021; Tavares *et al*., 2024; Côgo *et al*., 2022).

3.3.5 Conclusão parcial

O presente estudo evidenciou que ferramentas digitais educacionais — um aplicativo *offline* e um *website* — podem constituir instrumentos potentes para a promoção de um ensino híbrido de eletroquímica em três contextos escolares distintos, especialmente quando fundamentados em metodologias ativas e princípios de acessibilidade. A integração dos 3 Momentos Pedagógicos e dos critérios de *Universal Design for Learning* favoreceu a aprendizagem autônoma e contextualizada, permitindo que os discentes se tornassem protagonistas de seu processo formativo, com 70% destes (Escola Pública e Escola do Campo) acertando o *Desafio da Eletroquímica*.

A abordagem lúdica e multimídia, exemplificada pela *Pilha de Limão com Moedas* e pela simulação da Pilha de Daniell, reforçou o caráter problematizador da prática pedagógica, em consonância com a perspectiva freireana de que o conhecimento deve emergir da realidade concreta dos discentes. O elevado engajamento observado, sobretudo na Escola do Campo — evidenciado pela alta adesão (86%) aos grupos de apoio via *WhatsApp* —, confirma que a mediação docente e o uso de TDICs podem ampliar a participação crítica e colaborativa, transformando o espaço escolar em um lócus de diálogo e construção coletiva.

A pesquisa demonstra que a integração de ferramentas digitais no quadro dos 3 MPs sugere melhorias no engajamento dos discentes e apoia o desenvolvimento de conceitos eletroquímicos. A intervenção indica que a eficácia da tecnologia educacional pode transcender a infraestrutura, funcionando como um catalisador para a equidade quando fundamentada em princípios de *design* inclusivo. Ao priorizar a operabilidade *offline*, o aplicativo desenvolvido ajudou a mitigar barreiras de conectividade, transformando o acesso digital em uma estratégia localizada para a inclusão social, registrando 15.100 instalações (versão 2022 / *Android*) e 31.721 instalações (versão 2025 / *Android* e *iOS*), evidenciando uma adesão crescente e a capilaridade da ferramenta em diferentes contextos. Para além do território nacional, o alcance do aplicativo ultrapassou fronteiras, registrando *downloads* internacionais em países como Alemanha, China, Estados Unidos e França, o que sinaliza seu potencial de adaptação e relevância em cenários educacionais diversos. Simultaneamente, o *website* consolidou-se como uma alternativa viável para conexões intermitentes, ampliando as possibilidades de uso em regiões onde a infraestrutura de rede ainda é precária e reafirmando o papel da tecnologia como ponte para a equidade educacional.

Os resultados também revelaram dimensões de equidade educacional: discentes de contextos menos favorecidos — como a Escola Pública e a Escola do Campo — superaram expectativas, demonstrando que a democratização do acesso a recursos digitais pode reduzir desigualdades históricas, enquanto a baixa participação da Escola Privada destacou a importância da mediação docente, mesmo em contextos privilegiados. Tal achado reforça a defesa de Freire de que a educação deve ser prática de liberdade, capaz de romper com estruturas excludentes e promover a conscientização crítica. Além disso, a recepção diversificada dos recursos — onde discentes rurais priorizaram a transcrição texto-áudio enquanto colegas urbanos focaram na acessibilidade gratuita — valida a importância do Design Universal para a Aprendizagem para atender a necessidades heterogêneas.

A análise crítica das ferramentas pelo Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE) confirmou usabilidade e relevância pedagógica, mas também apontou a necessidade de aprimoramentos técnicos, como *feedbacks* automáticos e maior estímulo a níveis cognitivos superiores. Tais melhorias podem potencializar o desenvolvimento de competências científicas mais complexas, alinhadas às recomendações sobre a importância de favorecer múltiplas representações e raciocínios químicos. As altas pontuações obtidas por meio do quadro MAAE confirmam que equilibrar *design* pedagógico rigoroso com viabilidade prática é essencial para superar a lacuna entre fenômenos abstratos e diversas realidades socioeconômicas.

Em última análise, os achados indicam que a eficácia tecnológica depende mais da orquestração pedagógica do que das ferramentas em si. A mediação do docente permanece essencial para conectar teoria e prática, garantindo uma progressão lógica da problematização à aplicação do conhecimento. Portanto, conclui-se que a combinação de metodologias ativas, contextualização cotidiana e flexibilidade tecnológica constitui um caminho promissor para uma educação científica inclusiva, crítica e emancipadora, em consonância com os princípios freireanos. Recomenda-se a expansão dessas ferramentas para outras disciplinas e níveis de ensino, acompanhada de políticas públicas que garantam infraestrutura digital, especialmente em escolas públicas e do campo, consolidando o papel das TICs como mediadoras de uma prática pedagógica transformadora.

3.3.6 Material suplementar

O Material Suplementar deste capítulo, publicado em conjunto com o artigo no *Journal of Chemical Education* (Fernandes *et al.*, 2026), contém informações detalhadas sobre o desenvolvimento das ferramentas, os instrumentos de avaliação e as rubricas de codificação

utilizadas. Os questionários completos aplicados a discentes e docentes estão disponíveis nos Apêndices D, E, M, N e O desta tese.

3.4 CAPÍTULO IV - VALIDAÇÃO DE APLICATIVO MÓVEL *OFFLINE* E *WEBSITE* PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA[6]

[6] Conforme esclarecido na Apresentação da Tese, este capítulo segue o formato de manuscrito para submissão.

VALIDAÇÃO DE APLICATIVO MÓVEL *OFFLINE* E *WEBSITE* PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

VALIDATION OF AN OFFLINE MOBILE APPLICATION AND WEBSITE FOR TEACHING AND LEARNING ELECTROCHEMISTRY IN BASIC EDUCATION.

Maraína Medeiros Fernandes
Fábio Augusto Amaral
Sheila Cristina Canobre

RESUMO

A incorporação de tecnologias digitais na educação configura-se como um elemento catalisador para a promoção de processos de ensino e aprendizagem dinâmicos, privilegiando a abordagem de problemas contextualizados. No âmbito do ensino de Química, a concepção de aplicativos móveis e *websites* educativos emerge como uma estratégia pedagógica inovadora, com o potencial de fomentar a motivação discente e democratizar o acesso ao conhecimento. Diante desse cenário, este estudo objetiva desenvolver e validar os recursos educacionais digitais *Eletroquímica no Cotidiano* – um aplicativo móvel *offline* e um *website* –, destinados à mediação de conceitos fundamentais de eletroquímica para discentes do Ensino Médio. O processo de validação, ancorado no Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE), envolveu docentes e discentes de três contextos escolares distintos (público, privado e do campo), abarcando: (i) a análise de Usabilidade; (ii) a avaliação da Experiência de Usuário; e (iii) o julgamento por especialistas quanto à coerência científica e fundamentação pedagógica (Princípios de Aprendizagem). Os resultados, obtidos mediante a aplicação de instrumentos eletrônicos, atestaram a receptividade positiva dos participantes, que destacaram a alta usabilidade, a relevância pedagógica e o potencial de engajamento das ferramentas. Ademais, as contribuições críticas, particularmente no que tange à necessidade de maior imersão no aplicativo, foram metodicamente incorporadas em uma atualização realizada em 2025. Esta versão ampliada integra funcionalidades de acessibilidade (como transcrição texto-áudio e busca por termos), um sistema de *Quiz* com *feedback* automático, uma Tabela interativa de Potenciais-Padrão de Redução e uma animação interativa da Pilha de Daniell, na qual o usuário participa ativamente de sua montagem. Conclui-se que os recursos desenvolvidos e iterativamente aprimorados não somente se consolidam como instrumentos didáticos eficazes para o planejamento de aulas contextualizadas e para a promoção de uma aprendizagem significativa, mas também, por terem sido submetidos a um crivo validatório abrangente, demonstram-se promissores para a modernização do ensino de eletroquímica em múltiplas realidades educacionais.

PALAVRAS-CHAVE:

Ensino de Eletroquímica; Aplicativos Educacionais; Validação de Usabilidade; Recursos Digitais de Aprendizagem; Ensino de Química.

ABSTRACT

The integration of digital technologies in education acts as a catalyst for dynamic teaching and learning processes, emphasizing a problem-based and contextualized approach. Within chemistry education, the design of mobile applications and educational websites emerges as an innovative pedagogical strategy to foster student motivation and democratize knowledge access. This study aimed to develop and validate the digital educational resources *Electrochemistry in Everyday Life*—an offline mobile application and a website—designed to mediate fundamental concepts of electrochemistry for high school students. The validation process, anchored in the Educational Application Assessment Model (EAAM), involved teachers and students from three distinct school settings (public, private, and rural). It encompassed: (i) usability analysis; (ii) User Experience evaluation; and (iii) expert judgment regarding scientific coherence and pedagogical grounding. Results from electronic surveys confirmed positive receptivity among participants, who highlighted the tools' high usability, pedagogical relevance, and significant engagement potential. Furthermore, critical feedback, particularly concerning the need for greater immersion, was methodically incorporated into a 2025 update. This enhanced version integrates accessibility features—such as text-to-audio transcription and a term search function—a quiz system with automatic feedback, an interactive Standard Reduction Potentials Table, and an animation of the Daniell Cell that involves the user in its assembly. In conclusion, the iteratively refined resources establish themselves as effective didactic instruments for planning contextualized lessons and promoting meaningful learning. Having undergone a comprehensive validation process, they demonstrate considerable promise for modernizing electrochemistry education across diverse educational contexts.

KEYWORDS:

Electrochemistry Education; Educational Apps; Usability Validation; Digital Learning Resources; Chemistry Teaching.

RESUMO GRÁFICO



3.4.1 Introdução

A incorporação de tecnologias digitais no ensino de Química consolida-se como uma tendência pedagógica, com pesquisas evidenciando uma diversidade de abordagens que incluem dispositivos móveis, aplicativos especializados e ferramentas digitais. Nesse cenário, os aplicativos móveis emergem como recursos particularmente promissores, funcionando como plataformas portáteis que facilitam a visualização de conceitos, modelos e representações químicas por meio de ilustrações interativas. De acordo com seus desenvolvedores, tais ferramentas não apenas potencializam diferentes modalidades de aprendizagem, mas também enriquecem a produção acadêmica na área (De Souza *et al.*, 2021).

Como alternativa complementar, os *websites* educacionais destacam-se por centralizar conteúdos didáticos em um ambiente virtual único, tornando-se instrumentos valiosos para o ensino e a formação profissional. Para otimizar seu uso, é fundamental que o docente adote um planejamento pedagógico estruturado, adaptado às particularidades de seu contexto. Exemplificando essa potencialidade, Camel *et al.* (2020) desenvolveram o *CHIMACTIV*, uma plataforma dedicada à análise química que abrange desde segurança laboratorial até metodologias experimentais. Seus recursos diversificados — como vídeos, diagramas interativos e questionários —, aliados à acessibilidade multiplataforma, permitem aos docentes selecionar ferramentas alinhadas aos objetivos curriculares, promovendo a consolidação de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades analíticas.

Outra iniciativa no âmbito das plataformas digitais é o *website* desenvolvido por De Sousa (2022), fundamentado em uma abordagem experimental com materiais alternativos para demonstrar conceitos gerais da Química, como soluções e equilíbrio químico. Os pesquisadores envolvidos, no entanto, ressaltam a necessidade de ampliar o repertório de experimentos e incorporar videoaulas para otimizar a utilidade pedagógica do recurso no Ensino Médio. Essa observação aponta para um desafio recorrente: a otimização contínua dessas ferramentas para atender plenamente às demandas da sala de aula.

Em síntese, os aplicativos educacionais configuram-se como ferramentas que potencializam a construção do conhecimento, promovem o engajamento discente e permitem o monitoramento sistemático do desempenho, fornecendo dados para a reavaliação de estratégias pedagógicas (Moreno; Heidelmann, 2017). Contudo, apesar desse potencial, a literatura aponta uma distribuição desigual no desenvolvimento de recursos digitais, com uma concentração em tópicos introdutórios da Química, deixando áreas mais complexas em segundo plano.

Esta carência é particularmente crítica em tópicos reconhecidamente complexos, como a Eletroquímica, que demanda dos docentes competências pedagógicas específicas para ser abordada de forma atrativa sem comprometer o rigor científico. Nesse contexto, tecnologias

como aplicativos móveis e simuladores surgem como estratégias didáticas inovadoras, capazes de potencializar a construção de conceitos significativos por meio de representações dinâmicas e interativas dos processos de oxirredução. A mediação com animações e simulações favorece a visualização e a compreensão dos mecanismos subjacentes, contribuindo para uma aprendizagem mais efetiva (De Jesus; Matsumoto, 2022).

A carência de recursos especializados é confirmada por estudos como o de Delamuta *et al.* (2021), que constatam que a maior parte dos aplicativos e plataformas *web* desenvolvidos para o ensino de Química limita-se a conceitos fundamentais, como classificação periódica e balanceamento de equações. Esta lacuna evidencia a necessidade premente de se desenvolver e validar recursos educacionais digitais que abordem de forma eficaz e engajadora os processos de oxirredução, a constituição de pilhas e os potenciais-padrão de redução (Venturi *et al.*, 2021).

Diante desse panorama, o presente estudo apresenta o processo de validação dos recursos educacionais digitais *Eletroquímica no Cotidiano* – um aplicativo móvel *offline* e um *website* complementar. Diferente de iniciativas que se limitam ao desenvolvimento, esta pesquisa submeteu as ferramentas a um crivo de validação abrangente e sistemático, ancorado no Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE). O processo envolveu docentes e discentes de três contextos escolares distintos (público, privado e do campo), abarcando três dimensões: (i) análise de Usabilidade; (ii) avaliação da Experiência de Usuário; e (iii) julgamento por especialistas quanto à coerência científica e fundamentação pedagógica (Princípios de Aprendizagem). Com base nos resultados, implementaram-se melhorias na interface do aplicativo, especialmente em aspectos de imersão, acessibilidade e interatividade, incorporando os *feedbacks* críticos identificados durante a etapa avaliativa.

3.4.2 Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa (Leite *et al.*, 2021), que teve como objetivo principal o desenvolvimento e a validação dos recursos educacionais digitais *Eletroquímica no Cotidiano* – um aplicativo móvel *offline* e um *website* complementar. O processo metodológico foi dividido em três etapas principais: **(1)** Desenvolvimento dos recursos; **(2)** Aplicação e validação em contextos escolares reais e distintos; e **(3)** Análise de dados e interação do produto.

3.4.2.1 Desenvolvimento dos recursos educacionais digitais

Os recursos *Eletroquímica no Cotidiano* foram concebidos para mediar conceitos fundamentais de eletroquímica junto a discentes do Ensino Médio. O aplicativo móvel foi

desenvolvido para operar em modo *offline*, garantindo acessibilidade em locais com conectividade limitada, enquanto o *website* funcionou como uma plataforma complementar de acesso aberto. O conteúdo foi estruturado para abordar problemas contextualizados, promovendo a relação entre a teoria eletroquímica e suas aplicações no cotidiano. A configuração inicial dos recursos (versão 2022) organiza-se em oito eixos temáticos, os quais conduzem o discente em uma trajetória de aprendizagem que se estende dos conceitos basilares das reações químicas à consolidação dos conhecimentos mediante um questionário avaliativo (*Quiz* com *feedback* automático das respostas). Para maiores informações sobre o desenvolvimento das ferramentas, consultar o Capítulo 3 da presente tese.

3.4.2.2 Aplicação e coleta de dados

A fase de validação ocorreu em três instituições de ensino distintas, representativas de diferentes realidades educacionais: uma Escola Pública (EPu), uma Escola Privada (EPr) e uma Escola do Campo (EC). Participaram do procedimento avaliativo dos recursos educacionais 34 discentes (58,8% EPu; 35,3% EPr; 5,9% EC) e 4 docentes (50% EPu; 25% EPr; 25% EC).

3.4.2.3 Procedimentos de aplicação

Em cada instituição de ensino, foi conduzida uma aula de 50 minutos na qual as ferramentas virtuais desenvolvidas foram empregadas. Os discentes foram orientados a:

1. Realizar o *download* do aplicativo (versão 2022) na *Google Play Store*, utilizando a palavra-chave "eletroquímica no cotidiano" ou por meio do *link* do aplicativo disponibilizado na Plataforma *Moodle* *Eletroquímica no Cotidiano App*;
2. Explorar a navegabilidade e o conteúdo do aplicativo instalado;
3. Acessar o *website* complementar pelo endereço *Eletroquímica no Cotidiano Website*.

Aos discentes que enfrentaram dificuldades técnicas, como instabilidade de conexão das escolas, foi sugerido que completassem o *download* do aplicativo em ambiente domiciliar.

3.4.2.4 Processo de validação e participantes

A validação foi conduzida em dois momentos sequenciais, envolvendo os usuários finais (discentes) e especialistas (docentes) das três escolas investigadas.

- **Validação com discentes:** Participaram discentes do Ensino Médio (EPr e EPu) e do Ensino Fundamental (EC) que estavam cursando disciplinas relacionadas à

eletroquímica (Química ou Ciências). Este grupo avaliou as ferramentas (aplicativo e *website*) sob a perspectiva da experiência de uso e engajamento;

- **Validação com especialistas:** Após a etapa discente, a validação foi realizada com docentes de Ciências e Química das instituições envolvidas. Os critérios de inclusão foram: possuir licenciatura e/ou bacharelado em Química ou em áreas correlatas, com ou sem pós-graduação (especialização, mestrado ou doutorado) na área ou em campos correlatos, e atuação ou interesse declarado no ensino de Química/Ciências.

3.4.2.5 Instrumentos de coleta de dados

Para ambas as etapas de validação, foram elaborados questionários eletrônicos distintos (um para os discentes - Apêndice M e outro para os docentes - Apêndice N) no *Google Forms*, compostos por 15 questões (objetivas e subjetivas) organizadas nas seguintes categorias:

- Perfil do respondente;
- *Layout* do aplicativo e *website*;
- Potencialidades e limitações dos produtos educacionais;
- Materiais didáticos alternativos;
- Formação docente e discente em tecnologias educacionais;
- Funcionalidades das ferramentas;
- Aplicações do tema e conteúdos de eletroquímica.

Os instrumentos de coleta de dados passaram por uma revisão prévia pela docente orientadora do projeto e especialista em eletroquímica para assegurar a coerência, clareza e aderência aos objetivos da pesquisa.

3.4.2.6 Modelo de análise e interação do produto

A análise dos dados coletados nos questionários eletrônicos foi ancorada no Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE), abrangendo três dimensões principais:

1. **Usabilidade:** Avaliação da facilidade de navegação, intuitividade e clareza da interface;
2. **Experiência de Usuário:** Análise do grau de satisfação, engajamento e percepção de valor pelos usuários;
3. **Julgamento por Especialistas:** Análise da coerência científica do conteúdo e de sua fundamentação pedagógica, com base nos Princípios de Aprendizagem.

Os resultados desta validação inicial, que atestaram uma receptividade positiva, também forneceram *feedback* crítico construtivo. As principais sugestões, como a necessidade de disponibilização do aplicativo no sistema iOS, de maior imersão, acessibilidade e interatividade, foram metodicamente incorporadas em uma atualização do aplicativo, culminando em uma versão 2025 ampliada. Esta versão iterativa integrou:

- Submissão e aprovação do aplicativo no sistema operacional iOS em agosto de 2025;
- Funcionalidades de acessibilidade (transcrição texto-áudio e busca por termos);
- Um sistema de *Quiz* com *feedback* automático das respostas (com recursos visuais e sonoros);
- Tabela interativa de potenciais-padrão de redução com recursos multissensoriais - uma funcionalidade do aplicativo educacional que apresenta os potenciais-padrão de redução (com dados IUPAC em CNTP) de forma dinâmica, utilizando recursos visuais e sonoros para engajar os discentes durante a consulta;
- Simulação interativa da Pilha de Daniell na qual o discente constrói ativamente a célula eletroquímica, posicionando os elementos no diagrama correto. O sistema fornece retorno imediato (com recursos visuais e sonoros) sobre a precisão da montagem, reforçando o aprendizado.

3.4.2.7 Análise dos dados

Os dados quantitativos e qualitativos obtidos por meio dos questionários foram submetidos à análise estatística descritiva e à análise de conteúdo temática, respectivamente. Após a consolidação da análise e a implementação das melhorias, os recursos educacionais finais foram disponibilizados para acesso público, incluindo a versão atualizada do aplicativo nas versões *Android* e *iOS*, respectivamente (*Eletroquímica no Cotidiano App Android* / *Eletroquímica no Cotidiano App iOS*).

3.4.2.8 Considerações éticas

O desenvolvimento e a validação dos recursos educacionais seguiram os preceitos éticos da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Para tanto, a pesquisa foi submetida e aprovada ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia sob número de parecer 5.511.888 e Parecer Consubstanciado 8.164.845 (emenda do protocolo de pesquisa). Todos os participantes (docentes e discentes) e seus responsáveis legais, quando aplicável, consentiram formalmente com a participação por meio do Termo de Consentimento

Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndices A e B) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice C), os quais detalharam os objetivos, procedimentos, garantias de confidencialidade e direito de desistência sem penalidades.

Preservou-se o anonimato dos participantes e das instituições, utilizando-se siglas (EPu, EPr, EC) para identificação nos dados coletados. As informações obtidas foram armazenadas em ambiente seguro e de acesso restrito, sendo utilizadas exclusivamente para os fins desta pesquisa.

O estudo foi classificado como de risco mínimo, uma vez que as atividades realizadas se assemelham a práticas pedagógicas usuais. Assegurou-se aos participantes que suas avaliações não acarretariam qualquer impacto em sua vida escolar ou relação institucional. A participação não gerou custos aos voluntários.

3.4.3 Resultados e discussão

3.4.3.1 Procedimento de validação do aplicativo e *website*

O processo de validação dos produtos educacionais – o aplicativo e o *website* *Eletroquímica no Cotidiano* – foi conduzido mediante a participação de discentes de três instituições de ensino de Itumbiara-GO, abrangendo distintos contextos educacionais (público, privado e do campo). Previamente, os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa, garantindo-se o anonimato e o caráter voluntário da colaboração. Durante uma aula de 50 minutos, os discentes foram instruídos a acessar o *website*, instalar o aplicativo em seus dispositivos móveis e, posteriormente, responder a um questionário *online* de avaliação (Apêndice M), disponibilizado tanto no ambiente virtual da Plataforma *Moodle*, quanto em um grupo de *WhatsApp* criado para comunicação direta com os discentes.

A maioria dos discentes enfrentou dificuldades para acessar o *website* e realizar o *download* do aplicativo em seus dispositivos móveis devido a instabilidades recorrentes na conexão de *internet* nas instituições de ensino (especialmente na Escola Pública e na Escola Privada). Como alternativa, o *website* foi exibido por meio de projeção na lousa das escolas, permitindo que todos acompanhassem as instruções de instalação e manuseio do aplicativo, que foi previamente instalado no *smartphone* da pesquisadora responsável. Quanto aos dispositivos utilizados, a maior parte dos docentes e discentes (EPu e EPr) empregou *smartphones* com sistema operacional *Android* para testar o aplicativo e acessar o *website*, enquanto uma minoria (discentes e docente da Escola do Campo) utilizou *tablets Android*, disponibilizados como

recurso didático-pedagógico virtual pela prefeitura de Itumbiara-GO para instituições de ensino das zonas urbana e rural.

A seguir, detalha-se o processo de validação das ferramentas desenvolvidas, com ênfase na perspectiva discente, público-alvo primordial desta proposta.

3.4.3.2 Validação pelos discentes (público-alvo da Educação Básica)

No início da análise dos resultados desta subseção, torna-se imprescindível contextualizar o nível de familiaridade dos grupos participantes com o conteúdo de eletroquímica, uma vez que esse fator exerce influência direta sobre os dados obtidos. Os discentes da **Escola Privada (EPr)** demonstraram possuir um conhecimento sólido acerca do tema, adquirido, segundo seus relatos, durante os plantões de atendimento ao discente promovidos pela instituição no período pandêmico da COVID-19.

Na **Escola Pública (EPu)**, observou-se uma situação dicotômica: a **Turma de Eletrotécnica** apresentou conhecimentos específicos de eletroquímica, decorrentes da grade curricular do curso técnico, enquanto a **Turma de Química** da mesma escola não havia tido qualquer contato prévio com o conteúdo. De forma semelhante, os discentes do **9º ano da Escola do Campo (EC)** também não haviam sido expostos ao tema.

Diante desse cenário, as respostas obtidas no processo de validação dos recursos educacionais digitais refletem diretamente a disparidade de repertório teórico entre as turmas. O desempenho superior da EPr e o conhecimento setorizado da Turma de Eletrotécnica contrastam com a ausência de embasamento prévio observada na Turma de Química da EPu e na EC. Assim, as variações identificadas podem ser atribuídas, em grande medida, à bagagem conceitual que cada grupo possuía antes da aplicação dos instrumentos de investigação.

Na fase inicial de validação, o aplicativo e o *website* foram implementados em contexto pedagógico, seguidos de avaliação por discentes regularmente matriculados nas disciplinas de Ciências (Ensino Fundamental) e Química (Ensino Médio) das três instituições de ensino participantes do estudo.

Previamente ao processo avaliativo, todos os discentes foram instruídos a resolver dois exercícios sobre eletroquímica na Plataforma *Moodle*, utilizando o aplicativo e o *website* como recursos de apoio (Quadro 7). Contudo, apesar das orientações fornecidas, apenas os discentes da Escola Pública (EPu) concluíram as atividades na plataforma. Cabe destacar que esses mesmos discentes também submeteram a proposta de logomarca do aplicativo e *website* no *Moodle*, referente à atividade da Aula 3. Infere-se que o engajamento desses discentes esteja

correlacionado ao incentivo positivo oferecido pelas docentes responsáveis pela disciplina de Química (atribuição de pontos extras) e, sobretudo, pela presença ativa delas durante a implementação do projeto de ensino conduzido pela pesquisadora.

Quadro 7: Análise do desempenho discente (EPu) na resolução de problemas fundamentais de eletroquímica mediante utilização do aplicativo e *website* como ferramentas de apoio pedagógico.

Questão	Alternativas	Percentual de acertos
1 - (UFU-MG) Entende-se por corrosão de um material a sua deterioração ou destruição, causada por uma reação química com o meio no qual se encontra. Essas reações são de oxidação e redução. Na reação química de oxidação e redução, representada pela equação: $Al_{(s)} + 3\ AgNO_{3(aq)}$ à $Al(NO_3)_{3(aq)} + 3\ Ag_{(s)}$	**(a)** o alumínio é oxidante, porque é oxidado; **(b)** o alumínio é o redutor, porque é oxidado; **(c)** a prata do nitrato de prata é o oxidante, porque ela é oxidada; **(d)** a prata do nitrato de prata é o redutor, porque ela é reduzida; **(e)** o alumínio e a prata do nitrato de prata são redutores, porque eles são oxidados.	62,5%
2 - (Agrupamento de Escolas Anselmo de Andrade) Na figura, está representada a montagem de uma pilha eletroquímica, que contém duas lâminas metálicas – uma de zinco e uma de cobre – mergulhadas em soluções de seus respectivos sulfatos. A montagem inclui um longo chumaço de algodão, embebido numa solução saturada de cloreto de potássio, mergulhado nos dois béqueres. As lâminas estão unidas por fios de cobre que se conectam a um medidor de corrente elétrica. Quando a pilha está em funcionamento, o medidor indica a passagem de uma corrente e pode-se observar que: • a lâmina de zinco metálico sofre desgaste; • a cor da solução de sulfato de cobre (II) se torna mais clara; • um depósito de cobre metálico se forma sobre a lâmina de cobre. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que, quando a pilha está em funcionamento:	**(a)** nos fios, elétrons se movem da direita para a esquerda; e, na ponte salina, cátions K^+ se movem da direita para a esquerda e ânions Cl^-, da esquerda para a direita. **(b)** nos fios, elétrons se movem da direita para a esquerda; e, na ponte salina, elétrons se movem da esquerda para a direita. **(c)** nos fios, elétrons se movem da esquerda para a direita; e, na ponte salina, cátions K^+ se movem da esquerda para a direita e ânions Cl^-, da direita para a esquerda. **(d)** nos fios, elétrons se movem da esquerda para a direita; e, na ponte salina, elétrons se movem da direita para a esquerda.	37,5%
Percentual médio de acertos		**50%**

Fonte: Autoria própria (2026).

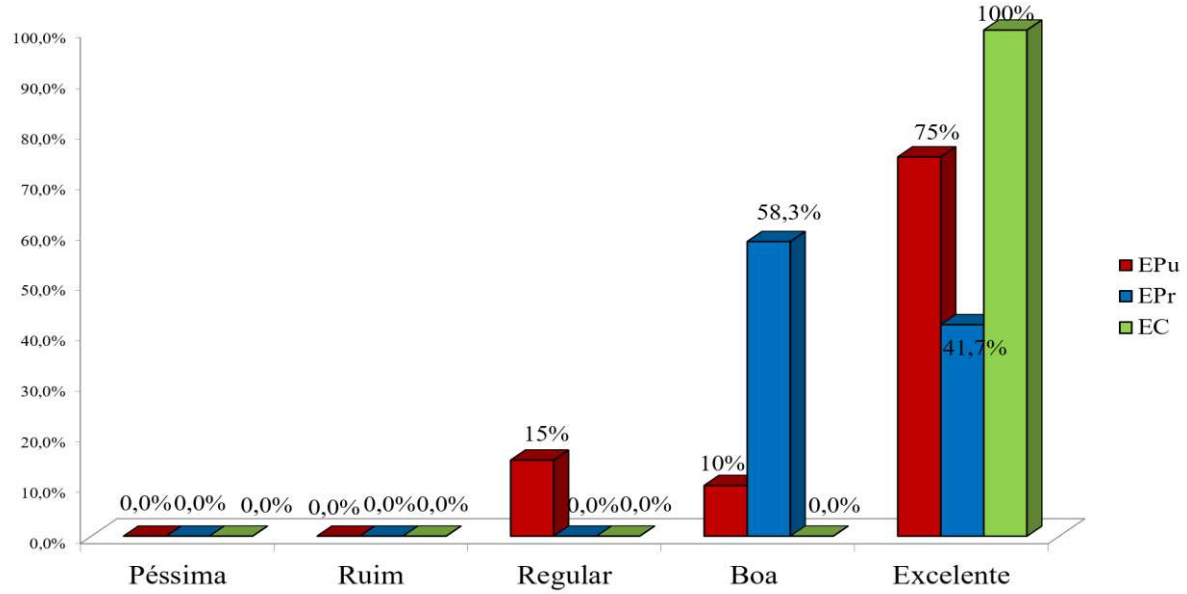
Participaram desta etapa de resolução de problemas referentes à temática de eletroquímica 24 (vinte e quatro) discentes vinculados à Escola Pública. O Quadro 7 apresenta os problemas de eletroquímica contemplados tanto nas ferramentas virtuais desenvolvidas para este estudo, quanto na plataforma *Moodle* utilizada.

Dos 34 discentes participantes da avaliação do aplicativo e *website*, a distribuição por instituição de origem revelou que 5,9% são oriundos da Escola do Campo, 35,3% da Escola

Privada e 58,8% da Escola Pública (Questão 1). Quanto ao nível escolar dos discentes, 94,1% cursavam a 1ª Série do Ensino Médio, enquanto 5,9% estavam matriculados no 9º Ano do Ensino Fundamental (Questão 2). O questionário avaliativo abrangeu dimensões como *layout*, conteúdo, organização, linguagem, fonte, *design* e motivação para a utilização dessas ferramentas como recurso complementar no processo de ensino-aprendizagem de eletroquímica.

Quando avaliados quanto à qualidade e ao propósito pedagógico da logomarca utilizada no aplicativo e no *website* (Questão 3), os discentes atribuíram predominantemente conceitos excelentes (75% - EPu; 41,7% - EPr; 100% - EC), bons (10% - EPu; 58,3% - EPr) e regulares (15% - EPu), conforme ilustrado na Figura 34. Tais resultados indicam que, embora os discentes da Escola Privada (EPr) não tenham participado da elaboração de propostas de logomarca, estes demonstraram maior criticidade em sua avaliação quanto à qualidade e pertinência da versão oficial. Ressalta-se, contudo, que o processo de desenvolvimento e seleção da logomarca, realizado por meio de votação, contou com a participação ativa de discentes e docentes das três instituições envolvidas. Estratégias dessa natureza, conforme defendido por Cardoso, Yamato e Batista (2023), alinham-se às metodologias ativas de aprendizagem, desempenhando um papel fundamental no reconhecimento dos discentes como agentes ativos no processo educativo.

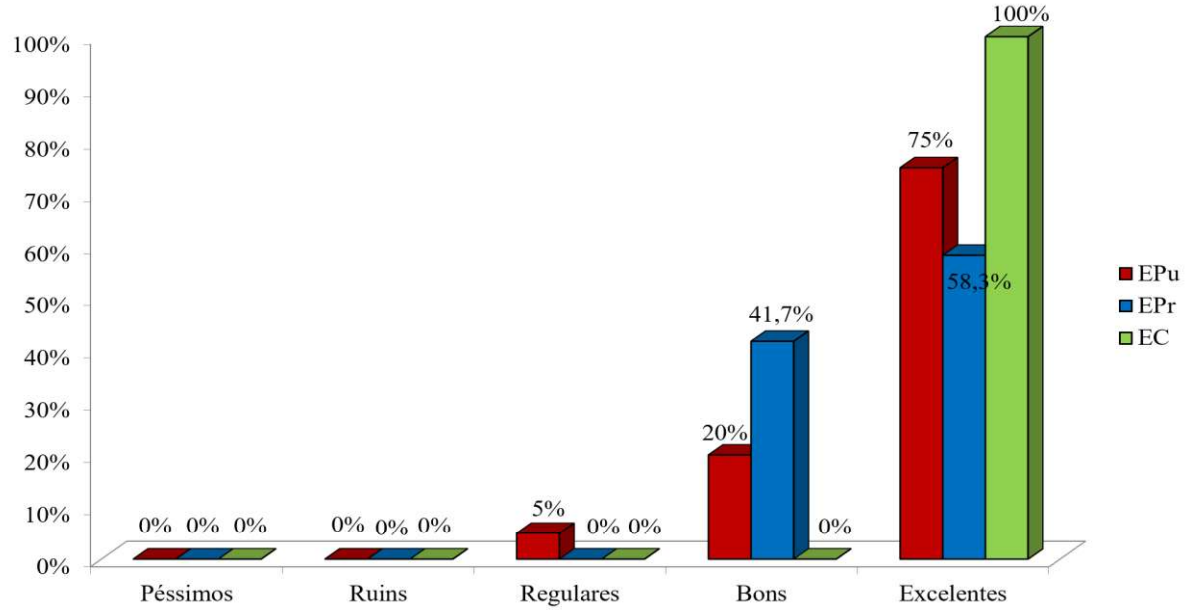
Figura 34: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "A logomarca das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*) é atraente e traduz com clareza o objetivo pedagógico?".



Fonte: Autoria própria (2026).

A análise dos dados apresentados na Figura 35 revela que a maioria dos discentes considerou os conteúdos abordados no menu do aplicativo e *website* como pertinentes e adequados para o aprendizado de eletroquímica (75% - EPu; 58,3% - EPr; 100% - EC) (Questão 4). Contudo, uma parcela minoritária dos discentes da Escola Pública (5%) avaliou esses materiais como regulares, sugerindo que, embora os conteúdos apresentem qualidade satisfatória, existem possibilidades de aprimoramento para otimizar o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, a integração de ferramentas digitais nas aulas de Química exige um planejamento pedagógico que dialogue com a realidade escolar e o perfil social dos discentes e docentes para que haja eficácia dessas estratégias (Pascoin; Carvalho, 2024).

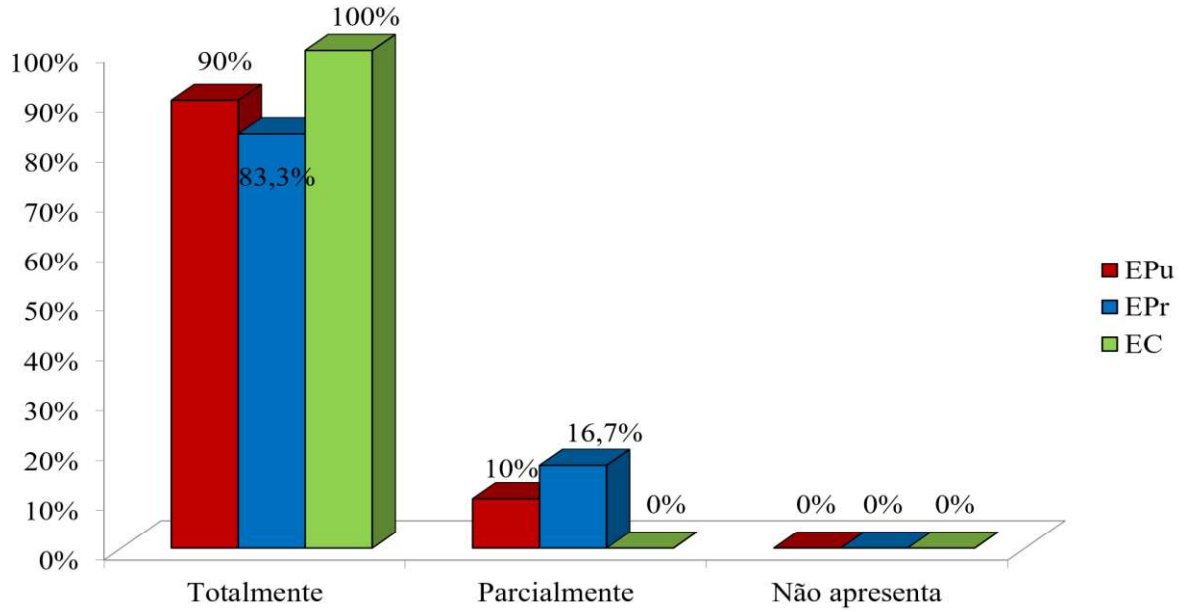
Figura 35: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Os assuntos apresentados no Menu principal do aplicativo e *website* são úteis e adequados para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?".



Fonte: Autoria própria (2026).

No que concerne à avaliação da linguagem e fontes empregadas (Questão 5), constatou-se que a maioria dos participantes (90% - EPu; 83,3% - EPr; 100% - EC) considerou esses elementos determinantes para a clareza e compreensão dos temas abordados, conforme demonstrado na Figura 36. Tais resultados evidenciam que o equilíbrio entre textualidade e recursos iconográficos constituiu-se como fator preponderante para a avaliação positiva por parte dos discentes. A clareza na comunicação visual e textual, segundo Mayer (2020), não é meramente estética, mas uma ferramenta cognitiva essencial para desbloquear a compreensão de conceitos abstratos, como os comumente encontrados na eletroquímica.

Figura 36: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: “A linguagem e a fonte utilizadas nas ferramentas produzidas (aplicativo e *website*) são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos abordados?”.

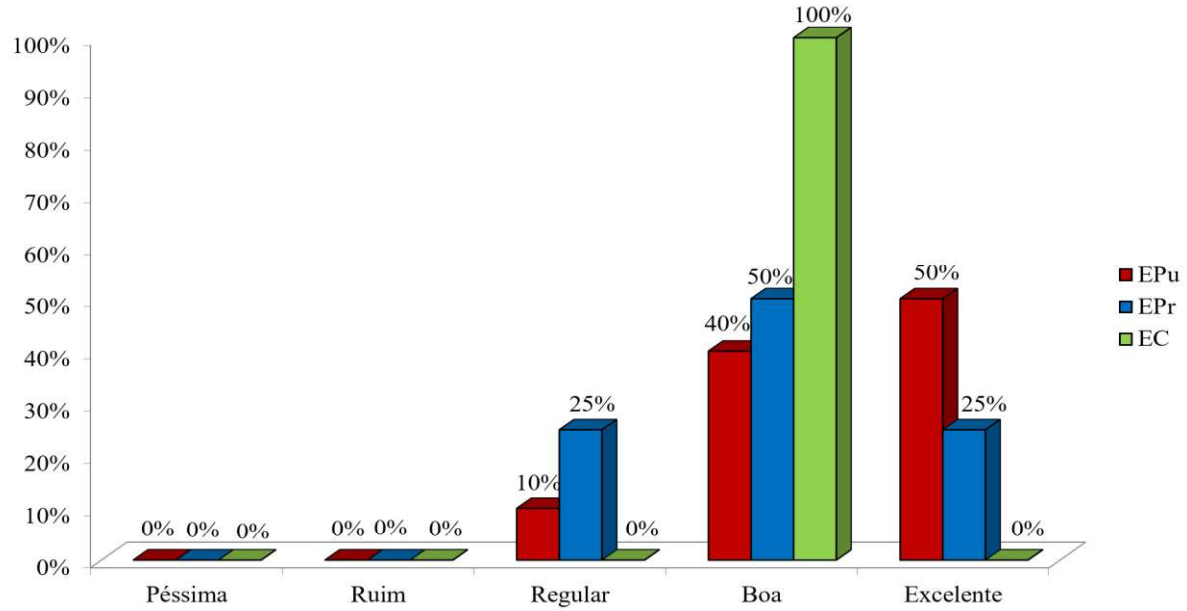


Fonte: Autoria própria (2026).

Embora uma parcela minoritária dos discentes (10% - EPu; 16,7% - EPr) tenha avaliado a linguagem e as fontes bibliográficas utilizadas nos recursos didáticos como parcialmente claras em relação aos conteúdos de eletroquímica apresentados, torna-se imperativo considerar tal constatação. Essa perspectiva pode estar associada à presença de terminologia científica complexa, cuja compreensão inadequada pode comprometer o processo de aprendizagem desse grupo discente. Tal achado possivelmente relaciona-se com padrões de aprendizagem superficial, caracterizados por raciocínios pouco estruturados, uso não crítico de representações simbólicas e construção linear de conhecimento mediante abordagens mnemônicas (Hamnell-Pamment, 2023).

Conforme ilustrado na Figura 37 (Questão 6), a maioria dos discentes avaliou positivamente o grau de aprendizagem em eletroquímica mediado pelas ferramentas desenvolvidas neste estudo, categorizando-o como "bom" (40% - EPu; 50% - EPr; 100% - EC) ou "excelente" (50% - EPu; 25% - EPr). Esse resultado pode ser atribuído à abordagem contextualizada dos conteúdos, que combinou equilíbrio entre elementos textuais e iconográficos, potencializando a compreensão dos conceitos abordados, como abordado por Lin e Wu (2021) sobre o uso de visualizações na compreensão conceitual de eletroquímica e na motivação discente. Portanto, a eficácia das ferramentas não reside apenas no suporte digital, mas no *design* instrucional intencional que guiou sua construção, tornando os conceitos abstratos da eletroquímica mais tangíveis e acessíveis.

Figura 37: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: “Qual a avaliação do seu grau de aprendizagem em relação ao uso das duas ferramentas educativas na aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?”.

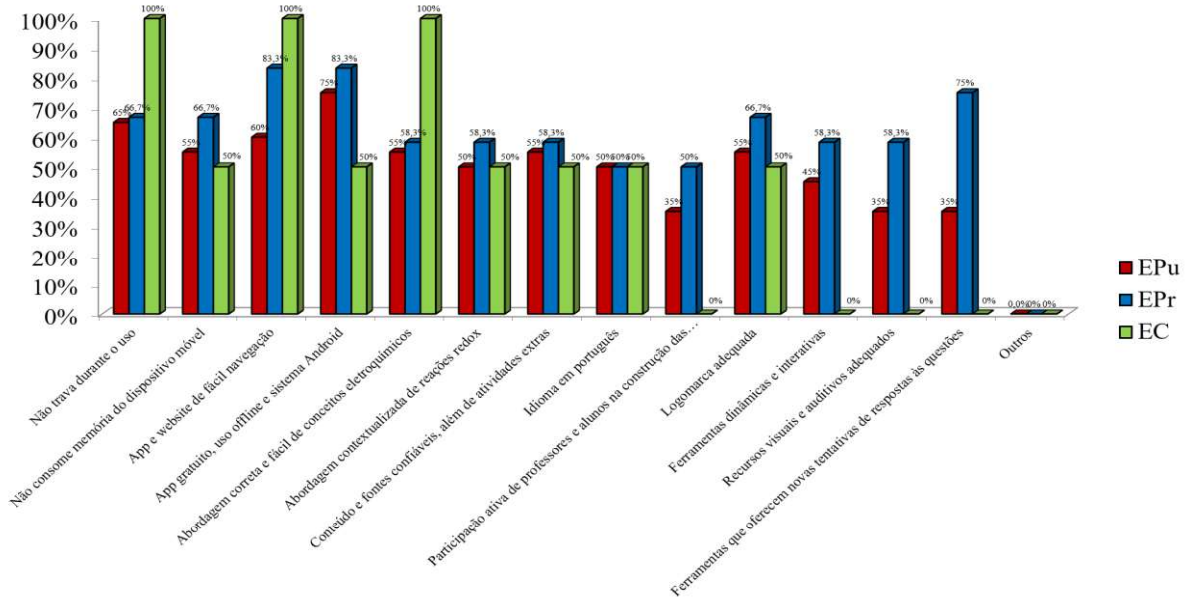


Fonte: Autoria própria (2026).

No entanto, cabe destacar que uma parcela minoritária dos discentes (10% - EPu; 25% - EPr) classificou a aprendizagem baseada no uso das ferramentas virtuais como "regular". Acredita-se que essa avaliação possa estar associada à limitação temporal das Aulas 4 e 5 da sequência didática, as quais, devido à sua curta duração, podem ter restringido uma exploração mais detalhada e aprofundada dos recursos digitais, impactando negativamente na sua usabilidade e, consequentemente, na consolidação do conhecimento.

Na análise dos aspectos positivos do aplicativo e *website* (Questão 7), os discentes destacaram três características principais: a gratuidade associada à funcionalidade *offline* do aplicativo (75% - EPu; 83,3% - EPr; 50% - EC), a interface de navegação intuitiva (60% - EPu; 83,3% - EPr; 100% - EC) e a estabilidade operacional durante a utilização (65% - EPu; 66,7% - EPr; 100% - EC), conforme ilustrado na Figura 38. Os dados revelam uma divergência significativa entre os grupos: enquanto os discentes da EPu e EPr valorizaram predominantemente a acessibilidade econômica e a independência de conexão à *internet*, os discentes da EC atribuíram maior relevância à performance técnica das ferramentas. A valorização do acesso *offline* do aplicativo pelos discentes da EPu e EPr reflete diretamente os desafios da divisão digital no contexto educacional público (Dos Santos; Bortoluzzi; Ghisleni, 2022), que vai além da mera posse de dispositivos e engloba a qualidade e a confiabilidade do acesso à *internet*. Essa distinção pode ser interpretada como reflexo das condições infraestruturais distintas, particularmente no que concerne aos desafios de conectividade enfrentados pelos discentes de áreas rurais durante o período de ensino remoto.

Figura 38: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) o(s) aspecto(s) positivo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?".



Fonte: Autoria própria (2026).

Os resultados obtidos corroboram as evidências apresentadas por Grando e Cleophas (2020) em sua investigação sobre tecnologias educacionais no ensino de Química. De acordo com os autores, a aprendizagem mediada por dispositivos móveis apresenta duplo benefício pedagógico: por um lado, minimiza as dificuldades inerentes à abstração de conceitos em nível microscópico; por outro, potencializa a articulação entre diferentes sistemas representacionais, aspecto fundamental para a compreensão integral dos fenômenos químicos. Esses achados reforçam o valor estratégico de soluções tecnológicas que conjuguem acessibilidade, usabilidade e robustez operacional no contexto do ensino de ciências.

Sobre os aspectos negativos do aplicativo e do *website* (Questão 8, dissertativa), apenas 17,6% dos discentes apontaram pontos passíveis de melhoria, tais como: (i) compatibilidade do aplicativo com iOS (EPu e EPr); (ii) instabilidades no *website* (EPu); (iii) maior imersão (EPr); e (iv) disponibilidade *offline* (EPu). Esses apontamentos sugerem que os discentes da EPu e EPr, por sua maior exposição ao ensino remoto em instituições particulares (letramento digital crítico discutido por Narciso *et al.*, 2024) – onde o uso de tecnologia é frequente –, tendem a valorizar ferramentas educacionais gratuitas, *offline* e com recursos interativos, visando uma aprendizagem mais eficaz. Em contraste, os discentes da EC limitaram-se a elogiar as ferramentas, o que pode indicar pouca familiaridade com a aprendizagem móvel em seu contexto escolar ou familiar. Essa disparidade entre os contextos escolares distintos evidencia como o repertório tecnológico prévio molda as expectativas e a capacidade de avaliar criticamente as ferramentas educacionais.

Dentre as críticas, destaca-se a demanda por funcionalidade *offline*, provavelmente devido à instabilidade de conexão nas escolas – fator que também prejudicou a qualidade das aulas remotas. A acessibilidade e a gratuidade do aplicativo alinham-se aos princípios de democratização do ensino de Química (Pereira; Leite, 2021), eliminando barreiras como custos com dados móveis.

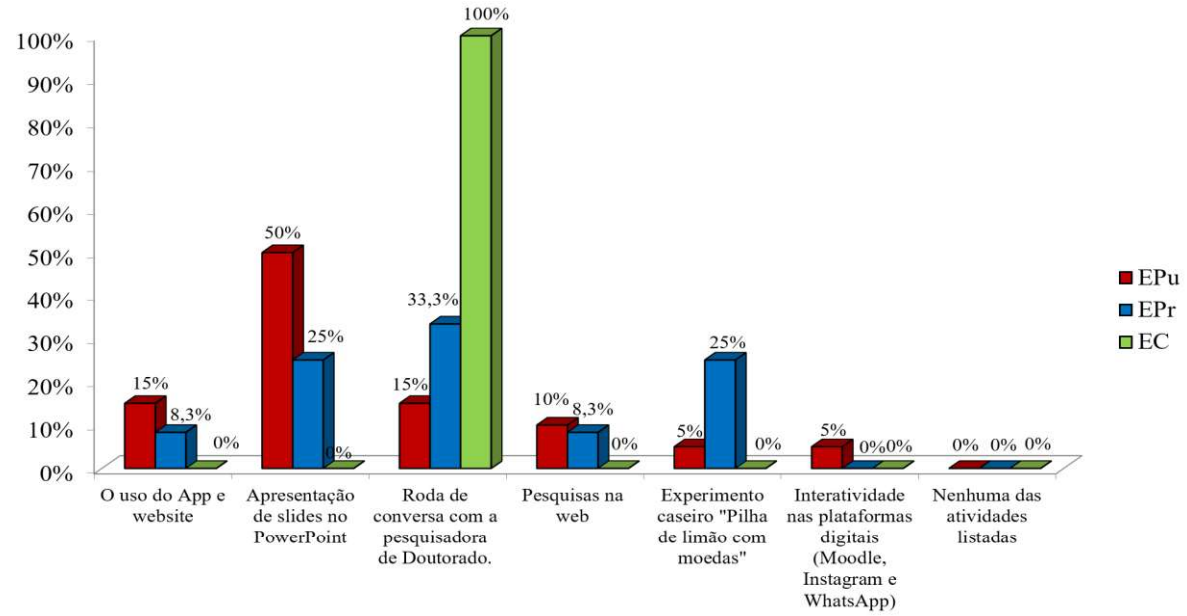
Quanto às atividades pedagógicas que favoreceram a aprendizagem de eletroquímica (Questão 9), os alunos destacaram: (i) apresentações em *PowerPoint* (50% - EPu) e (ii) roda de conversa com uma doutoranda (33,3% - EPr; 100% - EC). O aplicativo e o *website* foram citados apenas por uma parcela reduzida dos discentes (15% - EPu; 8,3% - EPr), possivelmente devido à sua utilização como recursos complementares – prática já consolidada em escolas públicas e particulares com maior ênfase em educação tecnológica – e também pelo pouco tempo destinado à exploração dessas ferramentas durante a sequência didática.

Os resultados (Figura 39) indicam que, embora as ferramentas digitais tenham sido bem avaliadas como instrumentos de aprendizagem móvel e autônoma, os discentes ainda priorizam métodos tradicionais, como aulas expositivo-dialogadas com *slides* – formato amplamente adotado no ensino remoto. Conforme Chiu (2020), o *PowerPoint* foi um dos recursos mais utilizados no ensino remoto de Química, sendo que a elaboração de *slides* dinâmicos (com anotações em tempo real) facilitou o acesso dos discentes ao material para revisão pós-aula.

Outro aspecto importante destacado pelos discentes foi a experimentação (*Pilha de Limão com Moedas* - 25% da EPr), o qual demonstrou a satisfação dos discentes com a atividade prática. A análise dos dados experimentais obtidos com a *Pilha de Limão com Moedas* reforça a importância de uma abordagem investigativa. A variação dos potenciais medidos (rever Tabela 5), que em alguns casos superaram o valor teórico de +1,1 V, foi um ponto de partida para discussões enriquecedoras em sala de aula. Os discentes foram desafiados a compreender que a utilização de metais não-puros — moedas de liga de cobre e pregos galvanizados com camada de zinco —, somada a fatores como a acidez variável do limão e a temperatura ambiente, afasta o sistema das condições padrão, alterando o potencial de eletrodo. O não funcionamento inicial de algumas pilhas, especialmente na turma de Eletrotécnica, foi atribuído à camada de óxido que isola os eletrodos, evidenciando a necessidade de preparação adequada da superfície metálica. Essa constatação demonstrou que o experimento, longe de ser uma mera demonstração, funciona como um problema autêntico de investigação, no qual os discentes precisam articular conceitos de termodinâmica (potencial padrão), cinética (oxidação superficial) e materiais (ligas metálicas) para interpretar os fenômenos observados. A validação das ferramentas (Figura 39), portanto, confirmou não apenas sua usabilidade, mas também sua

eficácia como mediadoras de uma aprendizagem significativa e contextualizada, ao conectar a teoria abstrata à experimentação concreta e aos desafios do mundo real.

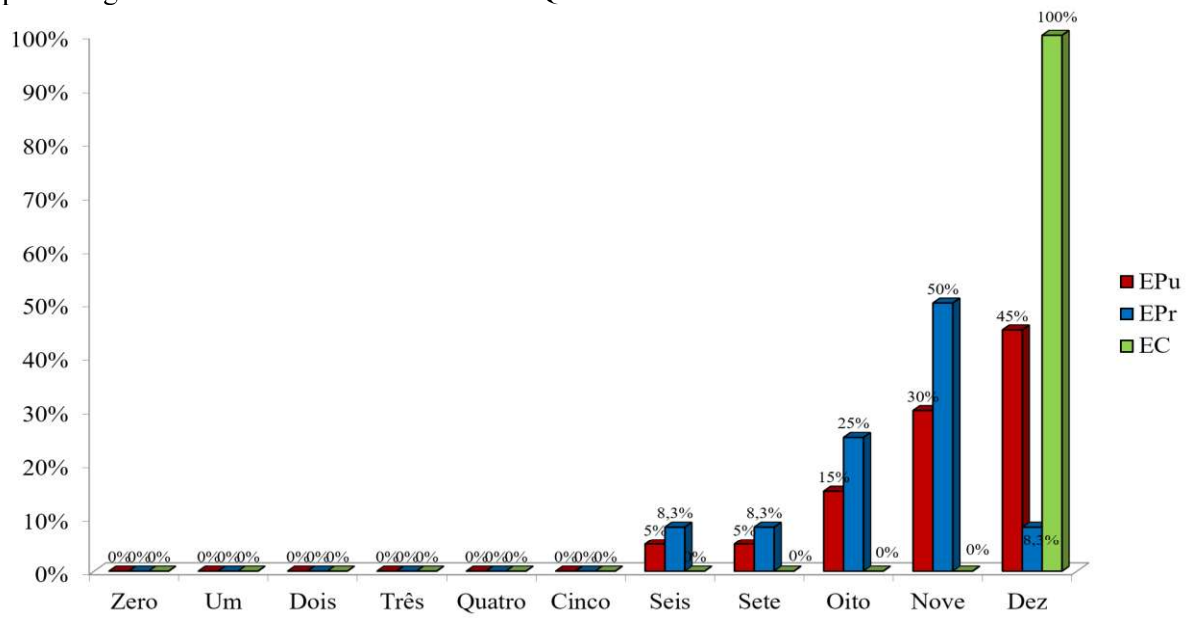
Figura 39: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual das atividades pedagógicas listadas abaixo favoreceu a compreensão dos conceitos de oxirredução durante as aulas ministradas?".



Fonte: Autoria própria (2026).

Em relação à satisfação dos discentes com o uso de tecnologias digitais nas aulas de Ciências/Química (Questão 10) e à experiência com o aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* (Questão 11), observou-se elevado índice de aprovação, com notas entre 9 (50% - EPr) e 10 (45% - EPu; 100% - EC) para aulas que incorporam recursos virtuais (Figura 40). O destaque dado pela EC sugere uma relação inversa entre a baixa exposição prévia a estratégias tecnológicas e o entusiasmo dos discentes – fato reiterado em seus relatos durante a intervenção. Um discente chegou a destacar, no questionário, o impacto positivo da qualidade das ferramentas desenvolvidas, reforçando que a adoção regular de recursos digitais pelos docentes poderia aumentar a motivação no aprendizado de conteúdos científicos. Segundo Da Silva, Gordiano e Martins (2022), ao conectar as tecnologias digitais com a bagagem cultural e as habilidades dos discentes do campo, a escola pode fomentar uma educação mais dinâmica. Isso se concretiza em atividades que privilegiam a interatividade e resultam no desenvolvimento do pensamento crítico e criativo e em uma aprendizagem verdadeiramente colaborativa.

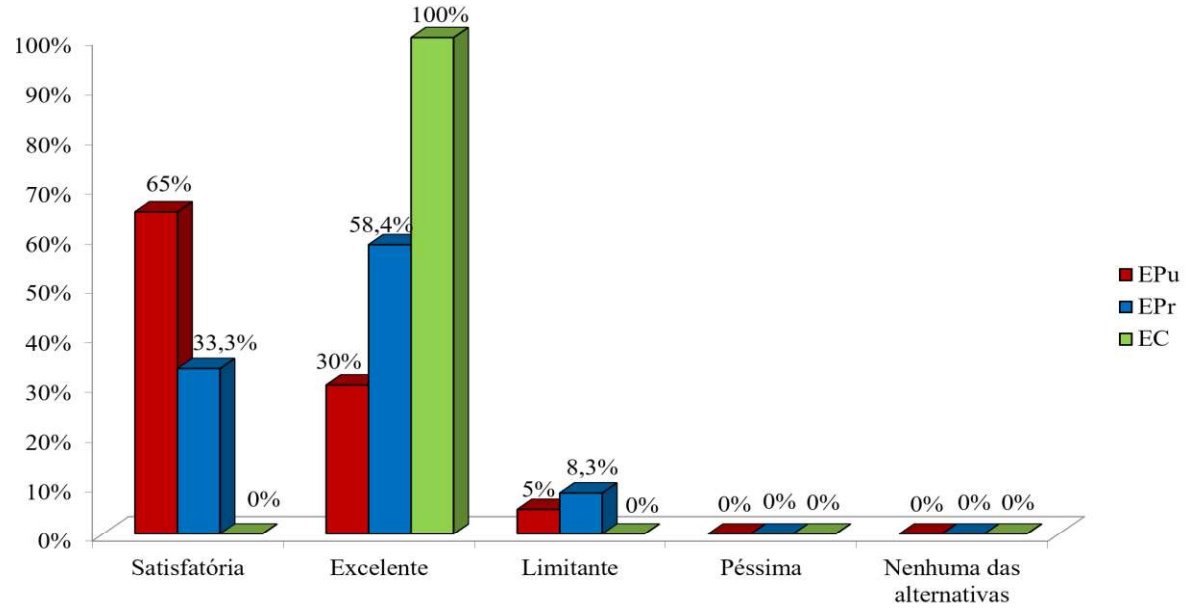
Figura 40: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual o seu nível de satisfação quando o professor utiliza materiais alternativos ou ferramentas virtuais para o ensino-aprendizagem de conteúdos de Ciências ou de Química?".



Fonte: Autoria própria (2026).

Quanto à avaliação das ferramentas digitais, a maioria dos discentes classificou a experiência como satisfatória (65% - EPu) ou excelente (58,4% - EPr; 100% - EC) durante a sequência didática sobre eletroquímica (Figura 41). Esses resultados sugerem que a receptividade positiva pode estar associada a diferentes fatores institucionais: (i) na EPu, à familiaridade com aplicativos educacionais integrados à rotina escolar; (ii) na EPr e EC, à exposição cotidiana a tecnologias digitais em diversos contextos de aprendizagem. Essa distinção revela que, embora os níveis de aprovação sejam elevados em todas as instituições, os fundamentos dessa aceitação parecem variar conforme o perfil tecnológico de cada ambiente educacional.

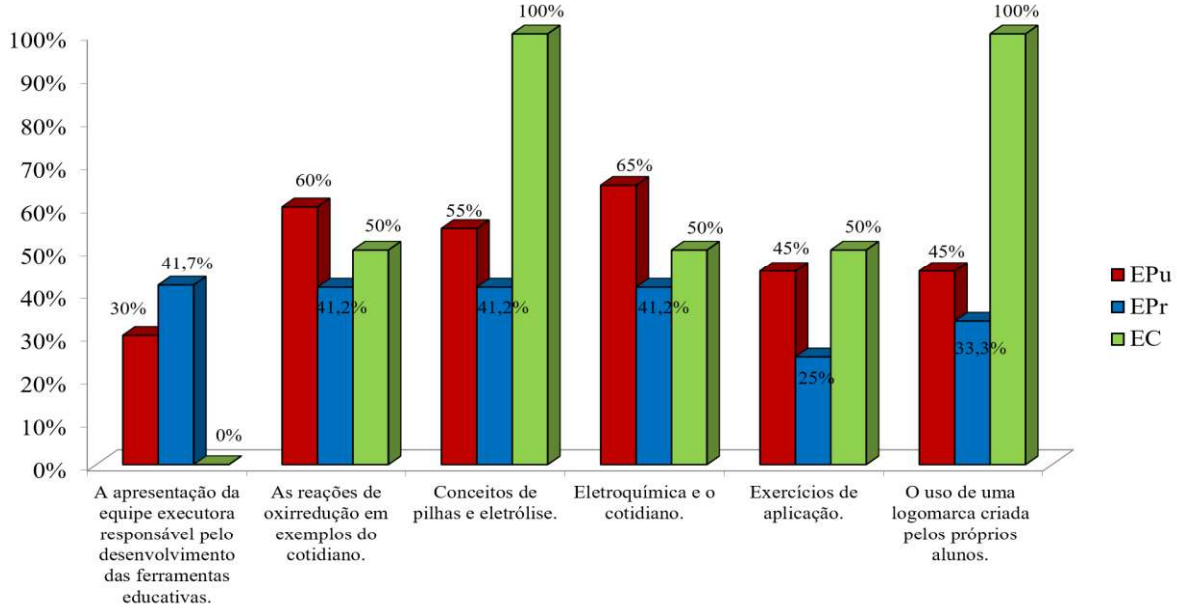
Figura 41: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Com base no seu nível de conhecimento quanto às tecnologias digitais, como você avalia sua experiência com o *App* e *website*?".



Fonte: Autoria própria (2026).

No que concerne aos tópicos das ferramentas virtuais que suscitaram maior interesse entre os discentes (Questão 12), os dados revelam uma distribuição heterogênea conforme o perfil acadêmico de cada instituição: (i) Conceitos de Pilhas e Eletrólises (100% - EC); (ii) Eletroquímica e o Cotidiano (65% - EPu); e (iii) Apresentação da equipe executora do projeto *Eletroquímica no Cotidiano* (41,7% - EPr) (Figura 42). Essa disparidade pode ser atribuída a diferenças prévias na familiaridade com a temática, assim como por fundamentos da psicologia motivacional e da pedagogia: enquanto os discentes da EPu e EC demonstraram lacunas conceituais em eletroquímica — o que justifica sua maior adesão a tópicos introdutórios que se ligam à busca da competência (Ryan; Deci, 2020) e ao alinhamento da zona de desenvolvimento proximal (ZDP) dos discentes —, os discentes da EPr, já dotados de conhecimentos básicos, valorizaram a contextualização profissional, manifestando interesse pela formação acadêmica e atuação dos pesquisadores envolvidos no projeto. Isso representa possivelmente uma busca por pertencimento e modelos de identidade profissional (Shin; Levy; London, 2016), especialmente relevante para discentes em estágios mais avançados de sua formação.

Figura 42: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) tópico(s) do aplicativo e *website* mais atraiu sua atenção? É possível marcar mais de uma opção!"

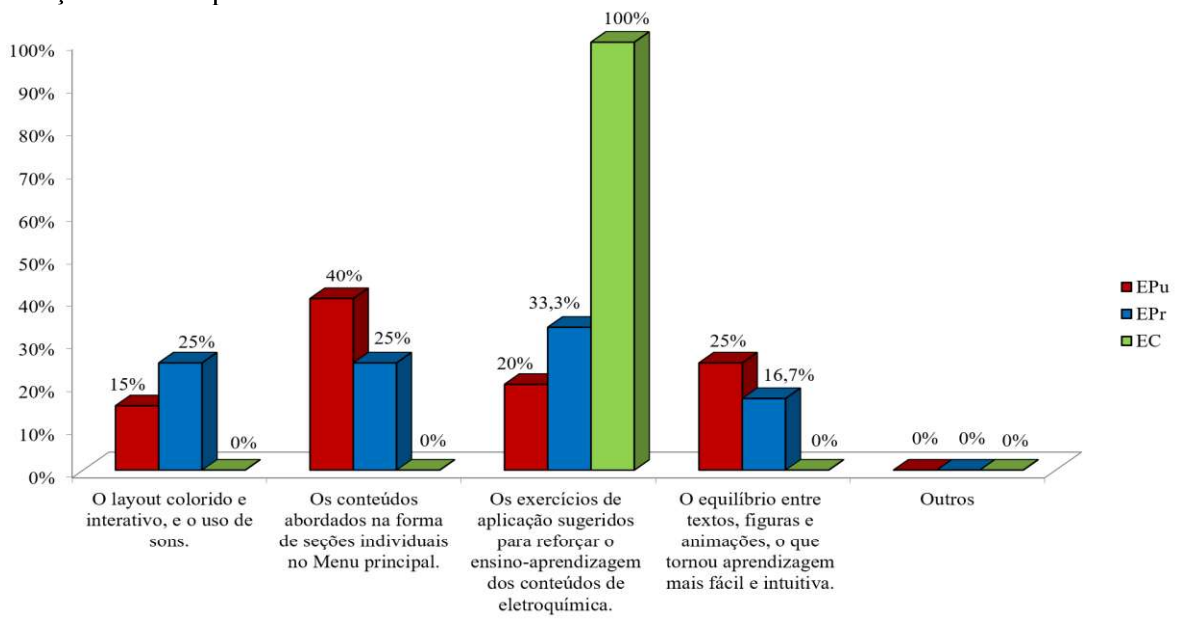


Fonte: Autoria própria (2026).

Cabe ressaltar que a logomarca desenvolvida por uma discente da EPu e selecionada pelos docentes foi amplamente reconhecida como um elemento-chave das ferramentas, especialmente entre os respondentes da EC (100%) e EPu (45%). Tais achados corroboram a hipótese de que estratégias didáticas baseadas em contextualização favorecem a assimilação de conceitos tradicionalmente percebidos como complexos, conforme discutido por Leite e Soares (2022). Segundo os autores, a abordagem interdisciplinar contextualizada potencializa a compreensão de fenômenos cotidianos mediante a transposição didática de conhecimentos científicos e tecnológicos para esferas sociais, políticas e econômicas.

No que tange aos aspectos visuais dos produtos educacionais (Questão 13, Figura 43), os discentes destacaram: (i) a organização dos conteúdos em seções individuais no menu principal (40% - EPu); e (ii) os exercícios de aplicação propostos ao final de cada módulo para consolidação da aprendizagem (33,3% - EPr; 100% - EC). Essa predileção por recursos que facilitam a navegabilidade e a fixação ativa do conteúdo reforça a importância de desenhos instrucionais que equilibrem clareza estrutural e estímulo à prática reflexiva, uma vez que induzem à codificação e consolidação da aprendizagem.

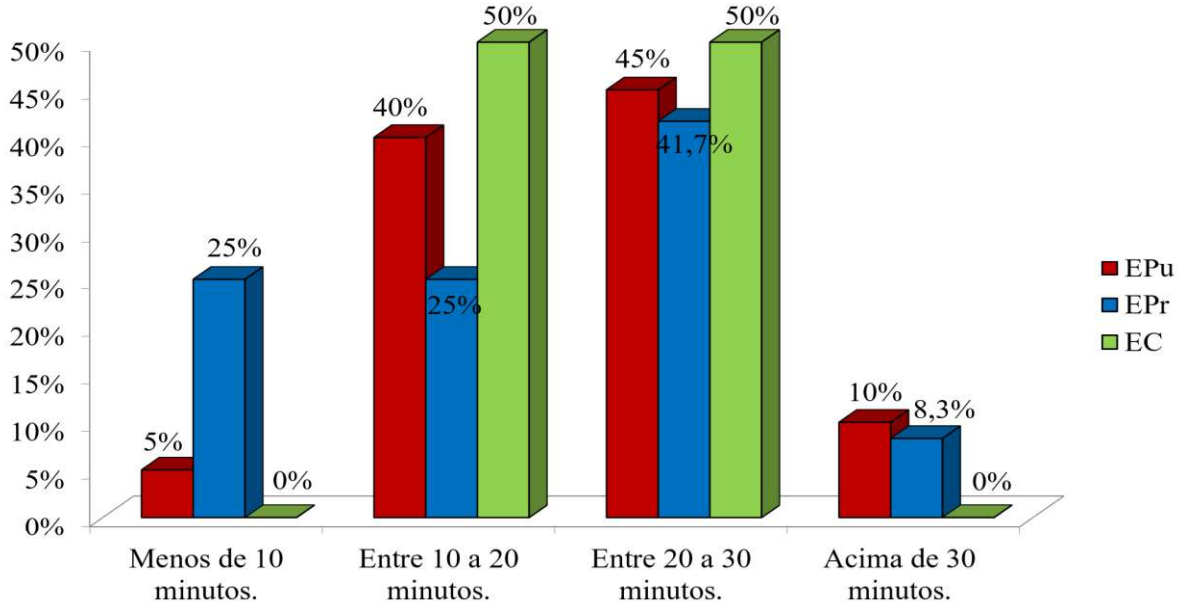
Figura 43: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Em termos visuais, qual característica do *App* e *website* impactou positivamente para o sucesso da sua aprendizagem sem a presença efetiva do professor?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Conforme evidenciado na Figura 44, a análise do tempo despendido pelos discentes no estudo dos conteúdos de eletroquímica — incluindo a resolução dos exercícios propostos (Questão 14) — revelou uma concentração nas faixas de 10 minutos (40% - EPu; 25% - EPr; 50% - EC) e 30 minutos (45% - EPu; 41,7% - EPr; 50% - EC). Tais dados sugerem que as plataformas digitais (aplicativo e *website*) foram utilizadas predominantemente para consultas pontuais ou revisões breves, em consonância com as características da aprendizagem móvel (*mobile learning*).

Figura 44: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Em quanto tempo, em média, você gastou para estudar os conteúdos abordados nas ferramentas digitais desenvolvidas (*App* ou *website*) e na resolução dos exercícios propostos?"

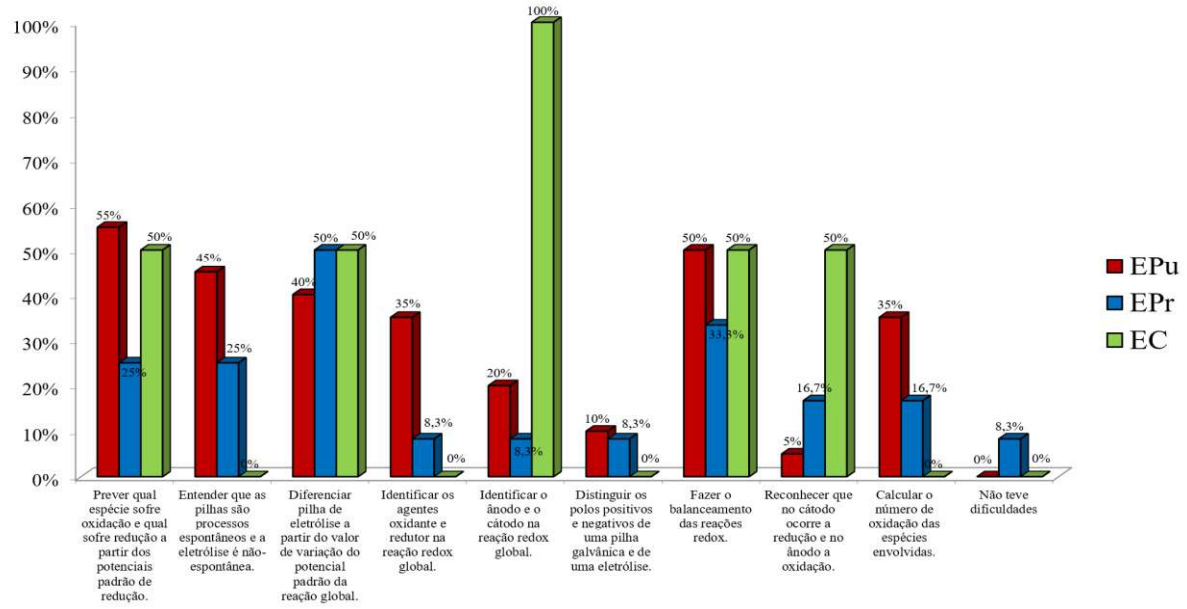


Fonte: Autoria própria (2026).

Esse padrão corrobora os achados de Rosa, Santos e Roehrs (2023), que destacam a capacidade das ferramentas digitais em democratizar o acesso aos conteúdos químicos de forma ágil e ubíqua, desde que haja conectividade à *internet*. Os autores enfatizam que a flexibilidade temporal e espacial oferecida por tais recursos potencializa a aprendizagem no momento certo, adequando-se às demandas dinâmicas do perfil discente contemporâneo.

Conforme apresentado na Figura 45, os dados revelam que as principais dificuldades conceituais dos discentes em relação às reações de oxirredução, antes da utilização das ferramentas digitais *Eletroquímica no Cotidiano*, concentravam-se em três aspectos fundamentais: (i) previsão da espontaneidade dos processos eletroquímicos a partir do potencial padrão da reação global (55% - EPu); (ii) distinção entre processos espontâneos (pilhas) e não-espontâneos (eletrólises) (50% - EPr); e (iii) identificação correta dos eletrodos (ânodo e cátodo) nas reações globais de oxirredução (100% - EC) (Questão 15).

Figura 45: Percentual de respostas quando os discentes foram indagados sobre: "Antes de utilizar o *App* e *website*, quais foram as suas dificuldades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem de reações de oxirredução?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Esses resultados estão em consonância com os achados de Venturi *et al.* (2021), que atribuem tais dificuldades a uma abordagem didática desequilibrada no ensino de eletroquímica. Segundo os autores, a ênfase excessiva nos processos espontâneos (pilhas) em detrimento dos processos não-espontâneos (eletrólises) por parte dos docentes tende a gerar concepções alternativas e lacunas conceituais significativas nos discentes. Essa assimetria pedagógica compromete a compreensão integral dos fenômenos eletroquímicos, que são fundamentais para o domínio da disciplina.

Os resultados da validação técnico-pedagógica realizada pelos discentes indicam, como perspectiva de desenvolvimento futuro, a necessidade de implementar atualizações que ampliem a funcionalidade das plataformas, particularmente mediante: (i) a incorporação de elementos animados na interface para promover maior imersão do usuário; e (ii) a expansão da compatibilidade para o sistema operacional iOS. Ressalta-se que essas atualizações foram implementadas pela doutoranda, com a disponibilização dos recursos interativos na loja de aplicativos da *Play Store* e *Apple Store* no segundo semestre de 2025.

Conclui-se que as ferramentas desenvolvidas cumpriram satisfatoriamente seus objetivos primários de: **(a)** servir como recurso didático complementar para tópicos fundamentais de eletroquímica; e **(b)** empoderar o discente da Educação Básica como agente ativo em seu processo de aprendizagem, alinhando-se assim às premissas da educação contemporânea que valorizam a autonomia discente.

3.4.3.3 Validação pelos docentes (especialistas na área de Química e Ciências)

Na segunda etapa de validação, as ferramentas (aplicativo e *website*) foram submetidas à apreciação de quatro docentes vinculados às três instituições de ensino investigadas. O contato foi realizado via *WhatsApp*, por meio do qual se disponibilizaram os acessos ao formulário de avaliação *online* (*Google Forms*) (Apêndice N), ao aplicativo (versão *Android*) e ao *website* (de domínio público no *Canva*). Os participantes foram, então, instruídos a proceder com uma análise criteriosa dos recursos antes de responder ao referido questionário. O corpo de especialistas, intencionalmente diversificado, foi constituído por dois docentes do ensino técnico e superior e por outros dois da Educação Básica. Quanto à formação acadêmica, o grupo era composto por dois doutores e um mestre, todos em Química, além de um graduado em Biologia.

O questionário avaliativo com 15 perguntas (objetivas e subjetivas) abrangeu dimensões como *layout*, conteúdo, organização, linguagem, fonte, *design* e motivação para a utilização dessas ferramentas como recurso complementar no processo de ensino-aprendizagem de eletroquímica. Os resultados obtidos por meio do instrumento de validação aplicado aos quatro docentes são apresentados e discutidos abaixo, organizados em eixos temáticos que permitem uma análise integrada do potencial pedagógico, da usabilidade e da viabilidade de implementação das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*).

3.4.3.3.1 Perfil dos docentes e contexto de atuação

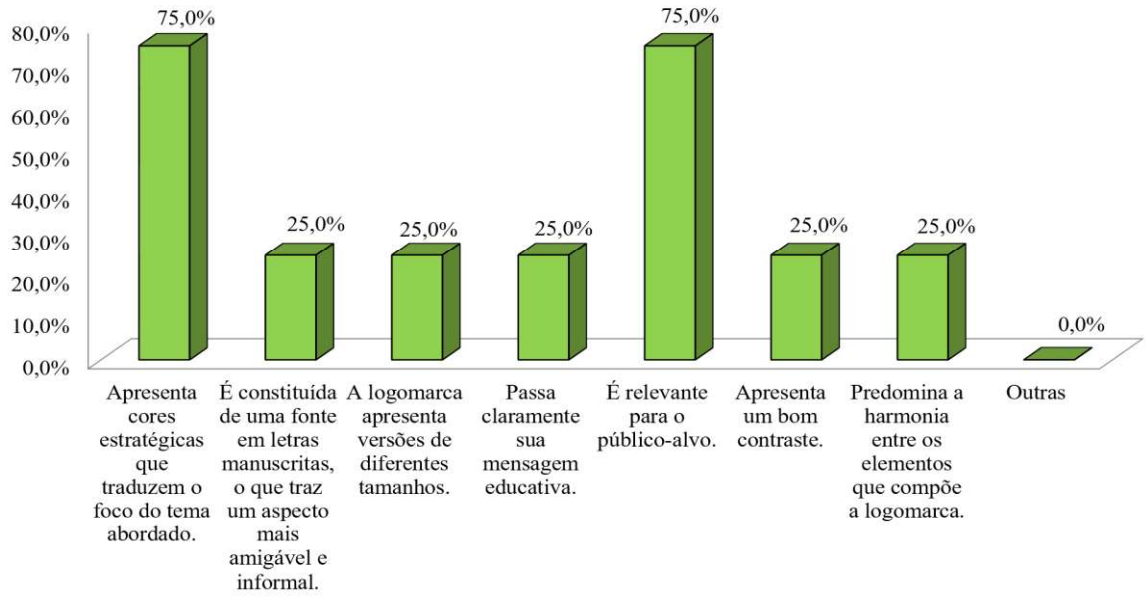
Inicialmente, buscou-se caracterizar o perfil dos avaliadores. Os dados referentes às Questões 1 ("Em qual escola você atua?") e 2 ("Em qual disciplina?") confirmam que a amostra abrangeu as três escolas previstas no estudo, com docentes de Química (50% EPu e 25% EPr) e Ciências (25% EC), o que garante a diversidade de perspectivas necessária para a validação. Esta heterogeneidade é crucial, pois as ferramentas devem ser adaptáveis a diferentes contextos institucionais e curriculares.

3.4.3.3.2 Avaliação da identidade visual e da usabilidade

Um dos critérios iniciais de avaliação consistiu na análise da identidade visual e na clareza comunicativa das ferramentas. Conforme os dados obtidos por meio da Questão 3 (Figura 46), verifica-se que a maioria dos docentes reconheceu que os produtos educacionais empregam cores estratégicas que refletem a temática central abordada (75%), além de serem considerados pertinentes ao público-alvo (75%). Tal percepção é ilustrada por elementos

gráficos como a representação de uma pilha alcalina circundada por componentes que aludem à energia elétrica — por exemplo, símbolos de eletricidade e uma calculadora —, estabelecendo uma relação direta entre o objeto e sua função educativa. Essa associação imediata entre forma e conteúdo revela-se fundamental para a adequada recepção e legitimação do material como recurso didático eficaz.

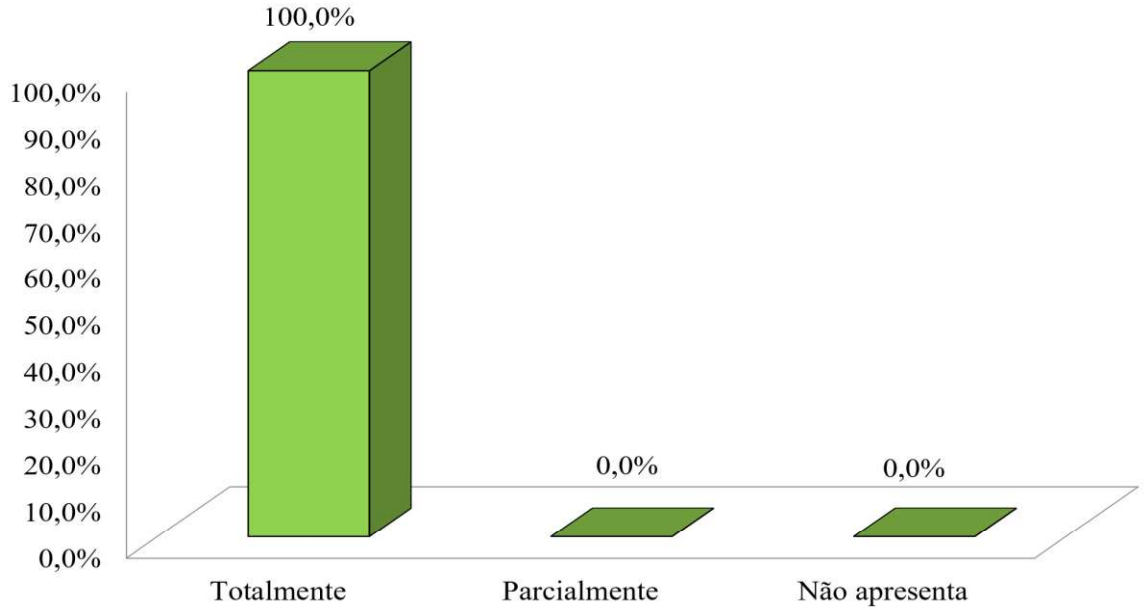
Figura 46: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "A logomarca das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*) apresenta quais características marcantes que reforçam o seu objetivo pedagógico?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Complementarmente, os resultados da Questão 5 (Figura 47) indicam um consenso unânime (100% dos docentes) de que a linguagem e a fonte utilizadas no aplicativo e *website* são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos. Este é um dado positivo, pois a acessibilidade linguística é um pilar para a aprendizagem autônoma, especialmente em ambientes digitais.

Figura 47: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “A linguagem e a fonte utilizadas nas ferramentas produzidas (aplicativo e *website*) são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos abordados?”

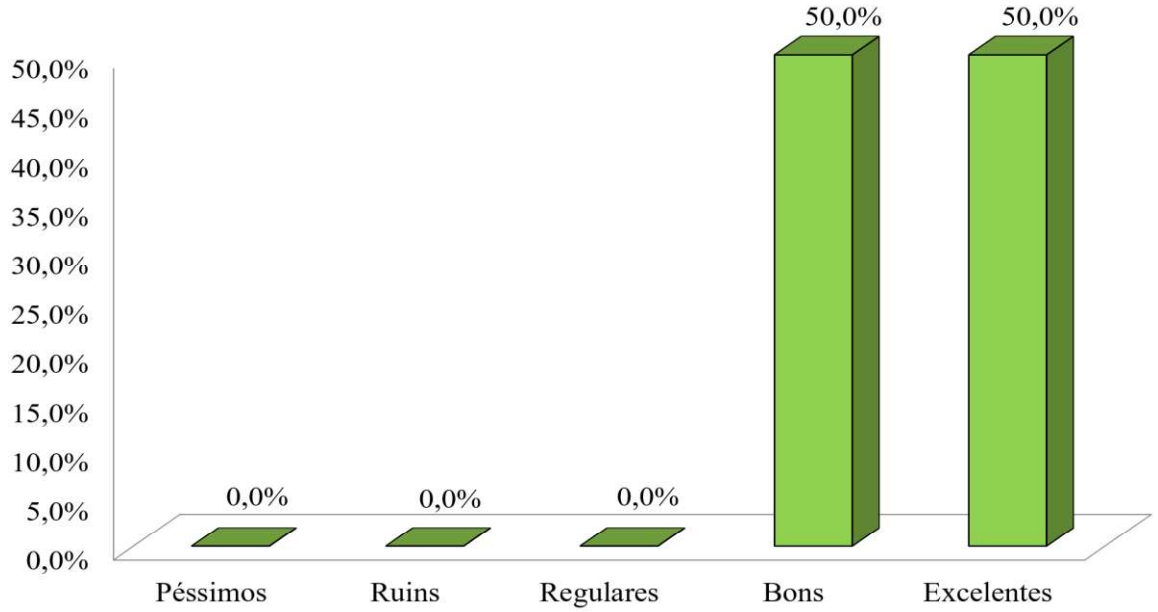


Fonte: Autoria própria (2026).

3.4.3.3.3 Pertinência e potencial pedagógico do conteúdo

O cerne da validação reside na relevância do conteúdo para o ensino de eletroquímica. O gráfico (Figura 48) da Questão 4 revela que os assuntos apresentados no menu principal dos produtos educacionais foram considerados "Bons" (50%) ou "Excelentes" (50%) por todos os docentes, atestando a adequação do conteúdo curricular selecionado. A parcela de docentes que atribuiu o conceito "Bom" – em contraste com "Excelente" – sugere a percepção de margens para aprimoramento. Possivelmente estes docentes acreditam na possibilidade de enriquecimento conceitual mediante a inclusão de tópicos específicos. Com base nessa percepção, é possível inferir que esses docentes provavelmente apontariam, ainda que indiretamente, para a necessidade de enriquecimento conceitual mediante a inclusão de tópicos específicos. Duas possíveis direções de melhoria, deduzidas a partir da avaliação "Bom", seriam: a incorporação de uma abordagem mais detalhada sobre potenciais-padrão de redução e a utilização de animações para simular o funcionamento de uma célula eletroquímica, visando à representação visual de uma reação de oxirredução espontânea. Tais adições teriam o potencial de elevar a qualidade do material de "Boa" para "Excelente", aprofundando a compreensão conceitual dos discentes.

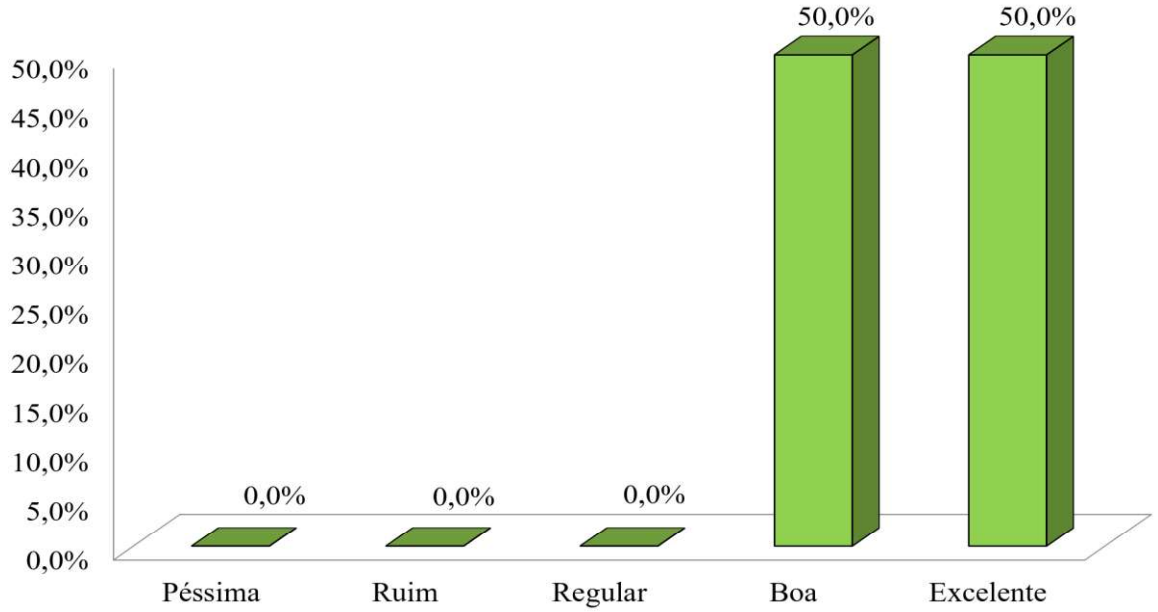
Figura 48: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Os assuntos apresentados no Menu principal do aplicativo e *website* são úteis e adequados para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?”



Fonte: Autoria própria (2026).

Os resultados da avaliação geral das ferramentas digitais (Questão 6, Figura 49) indicam uma recepção extremamente positiva por parte dos docentes, que as classificaram predominantemente como "Boa" (50%) e "Excelente" (50%) para fins pedagógicos. Essa percepção favorável é detalhada nas justificativas fornecidas na Questão 7 (Figura 50), onde os aspectos mais valorizados foram: a estabilidade operacional ("Não trava durante o uso", 100%), a eficiência técnica ("Não consome memória do dispositivo móvel", 75%), a acessibilidade ("*App* gratuito, uso *offline* e sistema *Android*", 75%), a qualidade do conteúdo ("abordagem contextualizada das reações de oxirredução", 75%) e a localização linguística ("Idioma em português"). A contextualização das reações de oxirredução, destacada por 75% dos docentes, é um pilar fundamental para a geração de aprendizagem significativa, na concepção de Ausubel (2000), ao ancorar conceitos abstratos em situações tangíveis.

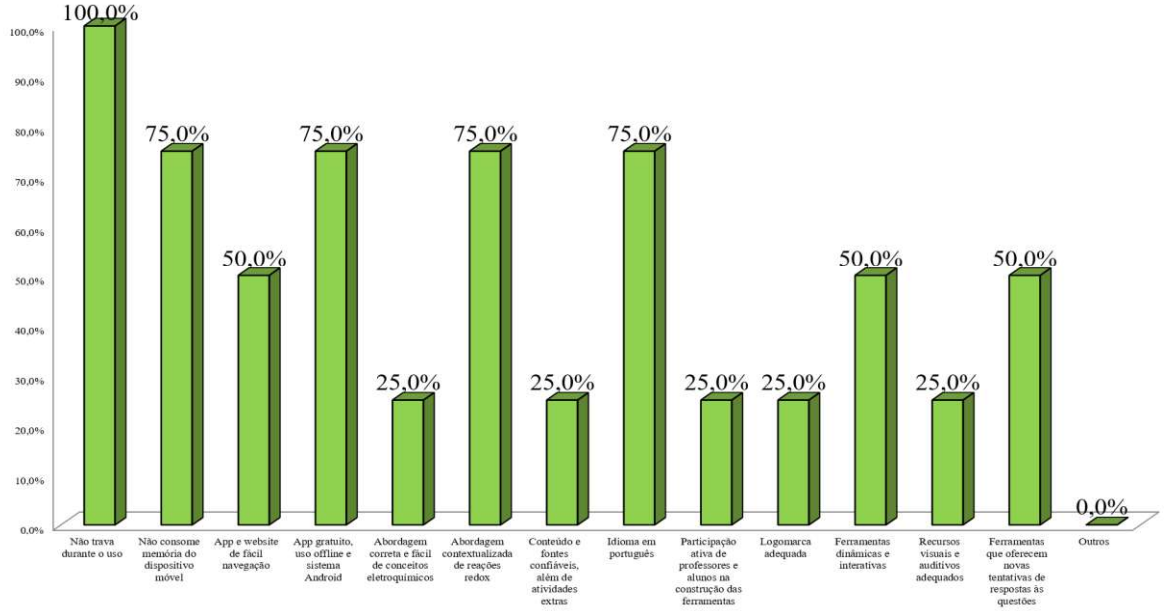
Figura 49: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual a sua avaliação do uso pedagógico das duas ferramentas educativas desenvolvidas na aprendizagem de conteúdos de eletroquímica?”



Fonte: Autoria própria (2026).

Entretanto, conforme evidenciado na Figura 50, cinco atributos – abordagem correta e fácil dos conceitos eletroquímicos; confiabilidade do conteúdo, fontes e atividades extras; participação ativa na construção colaborativa; adequação da logomarca; e adequação dos recursos visuais e auditivos – obtiveram, cada um, exatos 25% de avaliação positiva. Contudo, o dado mais revelador reside justamente nos 75% restantes para cada categoria, que não atribuíram o status de "excelente" a esses itens. A ausência de unanimidade não denota rejeição frontal, mas evidencia uma heterogeneidade significativa nas expectativas e percepções dos usuários. Especula-se que tais resultados intermediários possam indicar: (i) uma possível discrepância entre a complexidade inerente da eletroquímica e a didática empregada – que pode ter sido considerada simplória pelos docentes especialistas e densa por novatos; (ii) uma percepção de que a participação, embora ativa, carece de maior protagonismo discente efetivo na curadoria do conteúdo; e (iii) uma saturação estética ou funcional dos recursos visuais, que, apesar de adequados, não inovaram a experiência do usuário a ponto de encantá-lo. Portanto, esses índices intermediários sinalizam que a ferramenta é, inegavelmente, funcional, confiável e didaticamente correta, mas revelam um espaço crítico de aprimoramento. Eles indicam que a excelência plena não é um consenso, pois a ferramenta ainda carece de ajustes finos na personalização do conteúdo, na interatividade e na mediação pedagógica para atender, de maneira equânime e superior, às diversas nuances cognitivas e estéticas do público-alvo.

Figura 50: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual(is) o(s) aspecto(s) positivo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?”

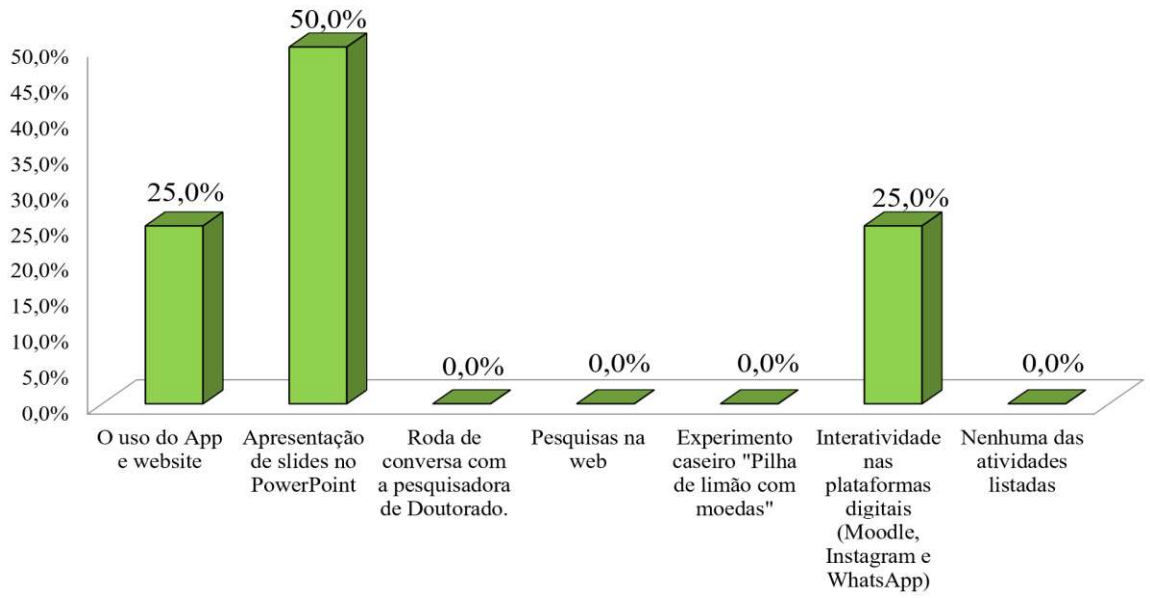


Fonte: Autoria própria (2026).

No que tange às estratégias de ensino utilizadas na sequência didática, a Questão 9 (Figura 51) revela que os docentes identificaram a "Apresentação de slides no *PowerPoint*" (50%) como a atividade que mais favoreceu a aprendizagem dos conceitos de eletroquímica, seguida pelo "Uso do *app* e *website*" (25%) e pela "Interatividade nas plataformas digitais (*Moodle*, *Instagram* e *WhatsApp*)" (25%). Contudo, um dado contrastante e significativo emergiu da análise das respostas dos discentes: a atividade "Experimento caseiro *Pilha de Limão com Moedas*", embora não tenha sido citada pelos docentes, destacou-se como uma das mais eficazes para a compreensão dos conceitos de oxirredução.

A preferência docente por ferramentas consolidadas, como o *PowerPoint* (Figura 51), pode estar associada a uma cultura pedagógica que privilegia a transmissão organizada de informação, conforme discutido por Moran (2018), que alerta para o risco de se usar tecnologias digitais apenas para replicar métodos expositivos tradicionais. Em síntese, os dados apontam que o valor pedagógico das ferramentas reside em seu caráter interativo, visual e contextual, demandando uma integração sinérgica entre a organização expositiva, os recursos digitais e as atividades experimentais.

Figura 51: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual das atividades pedagógicas listadas abaixo favoreceu a compreensão dos conceitos de oxirredução durante as aulas ministradas?”



Fonte: Autoria própria (2026).

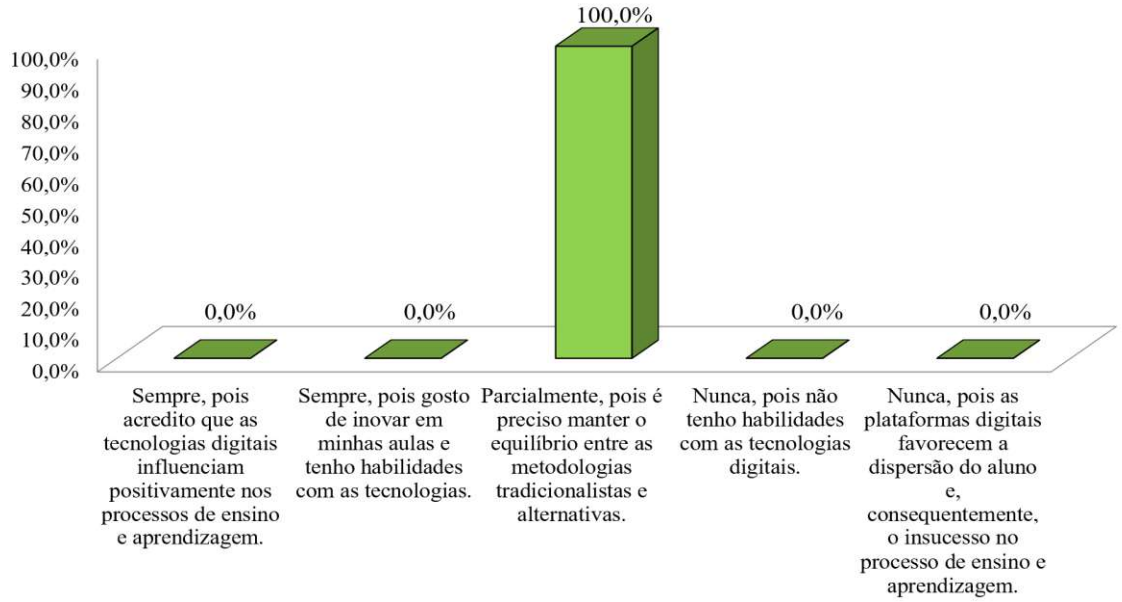
Em contrapartida, as críticas construtivas elencadas apenas pelo docente da Escola Privada (EPr) na Questão 8, de caráter dissertativo, transcendem a mera identificação de falhas e oferecem subsídios fundamentais para o refinamento das ferramentas. Observações pontuais, como a sugestão de que "a contextualização das reações de oxirredução poderia ser reposicionada no início do fluxo do menu principal" e que "os exercícios seriam mais eficazes se distribuídos de forma segmentada, após cada tópico teórico", apontam para questões de arquitetura da informação e de dosagem cognitiva. Tais *insights* são valiosos, pois indicam a necessidade de se repensar a sequência lógica e a estruturação do conteúdo, alinhando-a mais precisamente aos princípios de *design* instrucional que privilegiam a progressão gradual do conhecimento e a consolidação da aprendizagem por etapas, conforme defendido pela teoria da Taxonomia Digital de Bloom (TDB) (Freitas, 2025), servindo assim, como diretrizes precisas para iterações/modificações futuras e otimizações técnicas.

3.4.3.3.4 Viabilidade de implementação e integração ao planejamento docente

Para além da qualidade intrínseca das ferramentas, investigou-se seu potencial de integração à prática pedagógica. Os dados da Questão 10 (Figura 52) revelam uma tendência majoritária entre os docentes de incorporar as tecnologias digitais de forma equilibrada em seu planejamento. Essa postura reflete uma compreensão da necessidade de hibridizar métodos de ensino, conjugando abordagens consolidadas com estratégias inovadoras. Conforme argumenta

Valente (2014), a superação das barreiras à inovação no contexto escolar está intrinsecamente ligada à disponibilidade de recursos didáticos que sejam, simultaneamente, eficazes em seu propósito educacional e de baixa complexidade operacional, permitindo que o foco do docente permaneça na mediação pedagógica e não na superação de obstáculos técnicos.

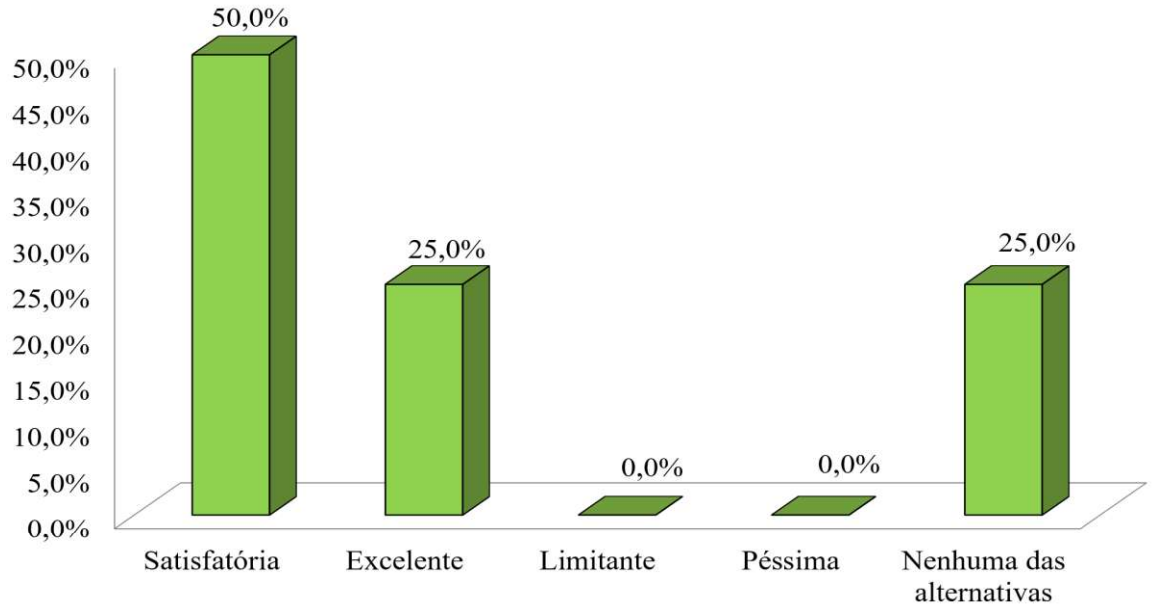
Figura 52: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Ao elaborar o planejamento de suas aulas para o ensino de Ciências ou de Química você têm o hábito de introduzir tecnologias digitais (aplicativos, jogos educativos e outros) para facilitar o ensino-aprendizagem?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Nesse contexto, os resultados da Questão 11 (Figura 53) revelam uma predisposição majoritariamente positiva entre os docentes quanto à adoção futura das ferramentas, com 75% deles manifestando expectativas favoráveis — "experiência satisfatória" (50%) ou "excelente" (25%). Essa confiança parece estar ancorada na familiaridade com o universo digital, uma vez que os docentes relataram utilizar com frequência tecnologias como aplicativos e *sites* de pesquisa em suas atividades cotidianas. Contudo, é crucial destacar que 25% dos respondentes selecionaram a opção "nenhuma das alternativas", um indício que pode transcender uma mera resistência tecnológica. Esse dado sugere a possível influência de barreiras mais complexas, como um conhecimento pedagógico do conteúdo ainda em desenvolvimento para o tema de eletroquímica (Trídico, 2024), o que poderia gerar insegurança ao mediar a aprendizagem por meio de ferramentas digitais específicas. Dessa forma, embora a autoeficácia tecnológica seja um facilitador promissor, sua efetividade está condicionada ao domínio conceitual e didático do conteúdo a ser lecionado.

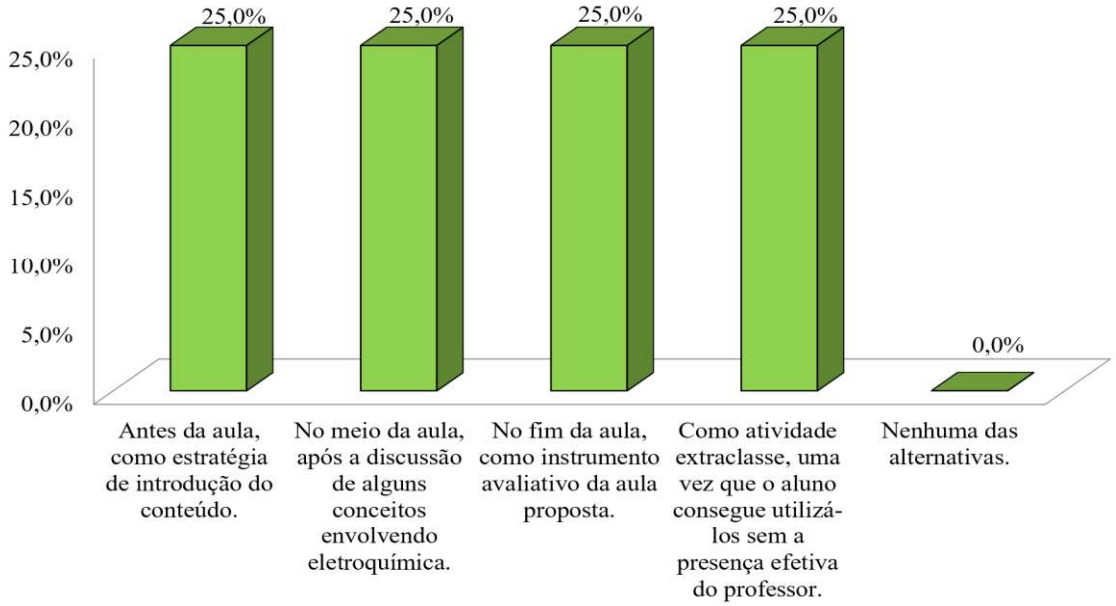
Figura 53: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Com base no seu nível de conhecimento quanto às tecnologias digitais, como você acredita que será sua experiência com o *app* e *website* em aulas futuras?”



Fonte: Autoria própria (2026).

No que tange ao momento pedagógico ideal para a inserção das ferramentas digitais no ensino de Eletroquímica (Questão 14, Figura 54), observou-se uma distribuição equitativa nas respostas docentes: "Antes da aula" (25%), "No meio da aula" (25%), "No fim da aula" (25%) e "Como atividade extraclasse" (25%). Essa equiparação de preferências não denota indecisão, mas sim a versatilidade didática percebida nos recursos, que são considerados igualmente válidos para funções de antecipação, exploração, fixação e extensão dos conceitos. Tal flexibilidade posiciona essas ferramentas como recursos valiosos para a personalização do ensino, permitindo que o docente as adeque a diferentes estratégias e estilos de aprendizagem, conforme preconizado por Bacich e Moran (2018).

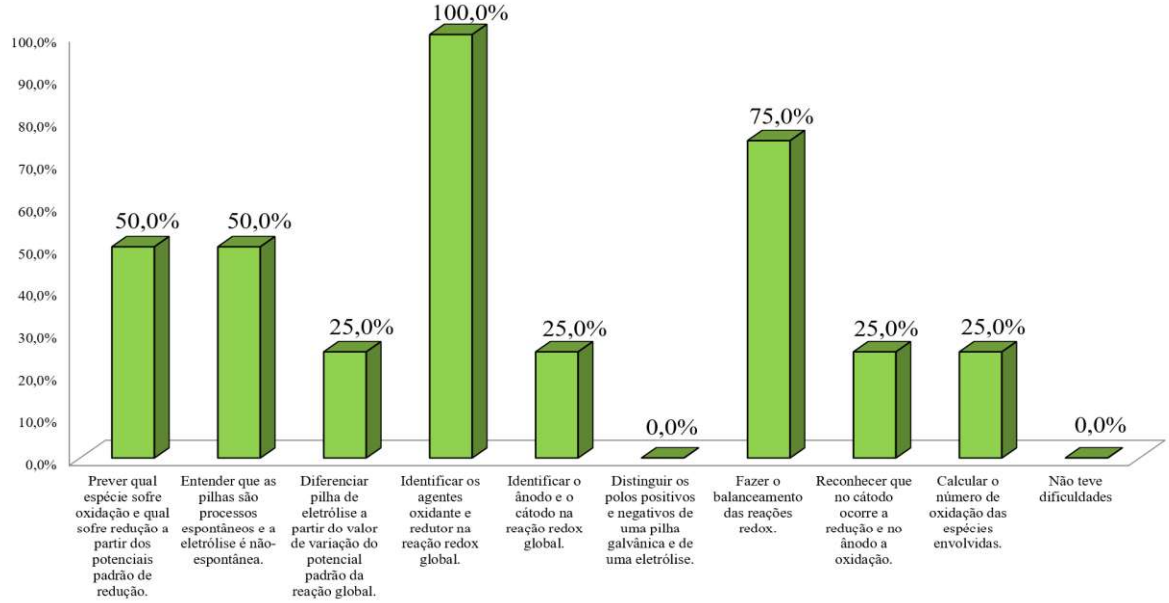
Figura 54: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Tendo em vista o planejamento de uma aula sobre conteúdos de eletroquímica, em qual momento você acharia mais pertinente para as ferramentas desenvolvidas serem introduzidas?”



Fonte: Autoria própria (2026).

Essa adaptabilidade é particularmente crucial para enfrentar as dificuldades históricas no ensino de reações de oxirredução, como evidenciado nas respostas dos docentes participantes deste estudo na Questão 15 (Figura 55), como a incapacidade de "identificar os agentes oxidante e redutor na reação de oxirredução global" (100%) e a dificuldade em "fazer o balanceamento das reações de oxirredução" (75%). Esses são obstáculos conceituais complexos, frequentemente associados a um ensino excessivamente abstrato e descontextualizado. Portanto, as dificuldades mencionadas são um fenômeno geral, mas que os dados do estudo se referem ao contexto da formação inicial ou à avaliação de docentes sobre sua própria prática pedagógica. Nesse contexto, as animações interativas do aplicativo e a abordagem complementar do *website* atuam como suportes cognitivos, fornecendo representações visuais e dinâmicas que tornam os processos de transferência de elétrons tangíveis e compreensíveis. Ao decompor fenômenos complexos em etapas visualizáveis, essas ferramentas podem preencher uma lacuna didática essencial, facilitando a superação das dificuldades mencionadas e promovendo uma compreensão mais profunda e significativa, um princípio alinhado com as teorias de aprendizagem multimidiática de Mayer (2014).

Figura 55: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Antes de elaborar o planejamento de uma aula sobre conteúdos de eletroquímica, quais são suas dificuldades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem de reações de oxirredução? É possível marcar mais de uma opção de resposta!”

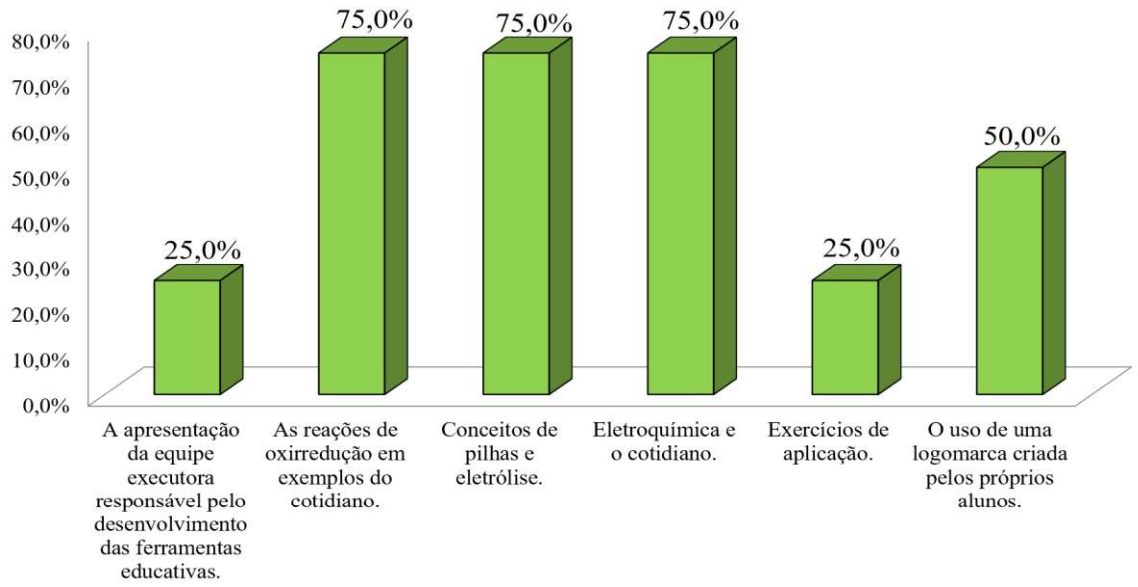


Fonte: Autoria própria (2026).

3.4.3.3.5 Engajamento e aprendizagem autônoma

Em última análise, os aspectos visuais e de engajamento demonstraram ser elementos cruciais para viabilizar processos de aprendizagem autônoma na ausência de mediação presencial constante. Os tópicos que mais captaram a atenção dos docentes (Questão 12, Figura 56) — nomeadamente "as reações de oxirredução em exemplos do cotidiano", "conceitos de pilhas e eletrólises" e "eletroquímica e o cotidiano" (cada um com 75% de adesão) — são emblemáticos por converterem princípios abstratos em representações visuais e contextualizadas. Essa conversão é fundamental para ancorar o conhecimento em situações palpáveis, facilitando a internalização de conceitos complexos.

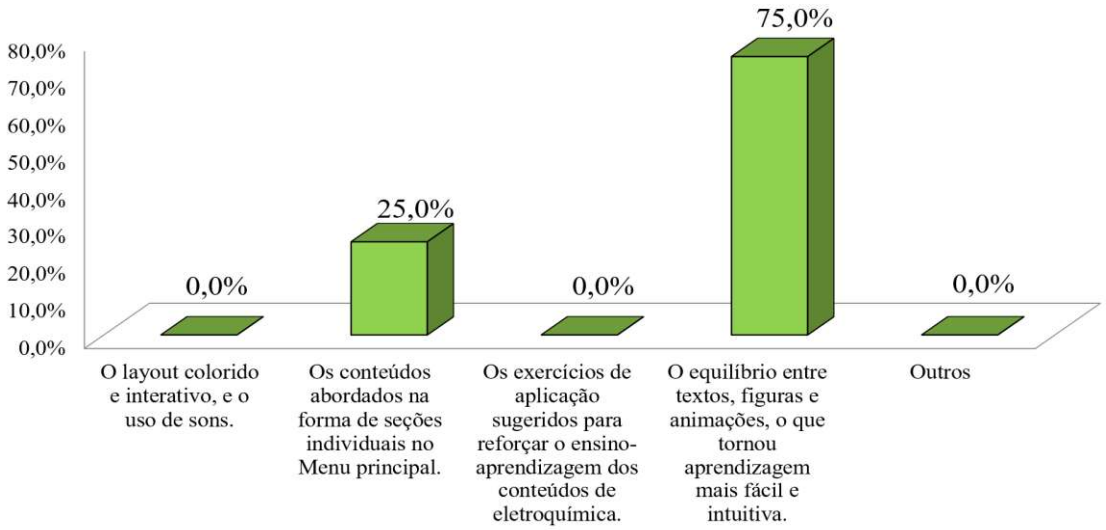
Figura 56: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: “Qual(is) tópico(s) do aplicativo e *website* mais atraiu sua atenção? É possível marcar mais de uma opção!”



Fonte: Autoria própria (2026).

Tal percepção está intrinsecamente alinhada com a característica visual mais impactante apontada para a aprendizagem autônoma (Questão 13, Figura 57): o "equilíbrio entre textos, figuras e animações, o que tornou a aprendizagem mais fácil e intuitiva" (75%). Esse equilíbrio textual e iconográfico reduz diretamente a carga cognitiva, permitindo que o discente canalize seus recursos mentais para a compreensão do conteúdo, em vez de despender esforços com a decodificação da interface ou a integração de informações fragmentadas. A valorização da "abordagem dos conteúdos na forma de seções individuais no Menu principal" (25%) apontada pelos docentes corrobora a importância de uma arquitetura de informação clara, que oferece ao aprendiz controle sobre sua trajetória, princípio basilar para a autorregulação.

Figura 57: Percentual de respostas quando os docentes foram indagados sobre: "Em termos visuais, qual característica do *app* e *website* impactou positivamente para o sucesso da sua aprendizagem sem a presença efetiva do professor?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Conclui-se, portanto, que o *design* instrucional empregado transcendeu o mero apelo estético para cumprir uma função pedagógica essencial. Ao facilitar a navegação e promover uma apresentação equilibrada e multimodal da informação, os recursos desenvolvidos neste estudo (aplicativo e *website*) demonstraram potencial para estruturar ambientes que favorecem a construção autônoma e significativa do conhecimento, um imperativo nos contextos educacionais diversos e contemporâneos.

3.4.3.4 Resultado da validação inicial dos produtos educacionais ancorada nos critérios do MAAE

A análise dos dados coletados por meio dos questionários eletrônicos aplicados aos docentes e discentes em três contextos escolares distintos, fundamentada no Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE), revelou uma receptividade geral positiva em suas três dimensões principais.

- Na dimensão de **Usabilidade**, os participantes destacaram a facilidade de navegação e a clareza da interface do aplicativo e *website*, indicando que a arquitetura da informação foi bem concebida para o público-alvo (Educação Básica);
- Quanto à **Experiência de Usuário**, os relatos de satisfação e engajamento atestam o valor percebido, principalmente, do aplicativo como uma ferramenta de aprendizagem

gratuita e de acesso *offline*. Os usuários expressaram que a forma como a ferramenta foi desenvolvida despertou interesse no tema de eletroquímica;

- O **Julgamento por Especialistas**, realizado por docentes das áreas de Ciências e Química, atestou a validade científica e a solidez pedagógica do conteúdo dos produtos educacionais, corroborando sua aderência aos **Princípios de Aprendizagem**. A precisão conceitual e a abordagem didática foram validadas como pertinentes ao contexto educacional, especialmente por abrangerem as categorias cognitivas de "Lembrar", "Compreender", "Aplicar" e "Analisar", alinhadas a habilidades fundamentais para o ambiente digital. Contudo, com base na crítica construtiva do docente da Escola Privada (EPr), preconiza-se que a estruturação dos conteúdos e ferramentas seja reformulada para incorporar integralmente as seis categorias da Taxonomia Digital de Bloom (TDB) — incluindo "Avaliar" e "Criar" —, assegurando, assim, uma progressão gradual na aprendizagem de eletroquímica e no desenvolvimento efetivo das competências digitais almejadas.

O Quadro 8 detalha a análise das ferramentas virtuais (aplicativo versões 2022 e 2025, *website* versão 2022), conduzida por docentes e discentes e ancorada nos critérios do MAAE (Oliveira; Leite, 2024). Embora esses resultados iniciais tenham atestado a qualidade dos protótipos, sua principal contribuição residiu em fornecer um *feedback* crítico e construtivo, fundamental para orientar o processo de refinamento iterativo do aplicativo educacional, bem como para viabilizar sua expansão para o público usuário da plataforma iOS.

Quadro 8: Avaliação do aplicativo/*website* integrando a validação com docentes e discentes ao Modelo de Análise de Aplicativos Educacionais (MAAE).

Critério	**Requisito**	**Aplicativo**		***Website***
		Versão 2022	**Versão 2025**	**Versão única**
Usabilidade	- Clareza das informações visuais	Atende	Atende	Atende
	- Facilidade de navegação	Atende	Atende	Atende
	- Ausência de erros técnicos	Atende	Atende	Atende
Experiência de Usuário	- Relevância	Atende	Atende	Atende
	- Interação	Não atende	Atende	Não atende
	- Desenvolvimento	Atende	Atende	Atende

		parcialmente	parcialmente	parcialmente
Princípios de Aprendizagem	- Adequação da linguagem	Atende	Atende	Atende
	- Alinhamento com os objetivos de aprendizagem	Atende	Atende	Atende
	- Estímulo a resolução de problemas	Não atende	Atende	Não atende
	- Fornecimento de *feedback*	Não atende	Atende	Não atende
	- Taxonomia Digital de Bloom	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Atende parcialmente

Fonte: Autoria própria (2026).

3.4.3.4.1 Incorporação do *feedback* dos docentes e discentes e o aprimoramento interativo do aplicativo educacional

As principais sugestões levantadas na validação inicial foram metodicamente analisadas e incorporadas, culminando na versão ampliada e aprimorada do aplicativo (versão 2025). A discussão a seguir conecta as críticas recebidas com as soluções implementadas, demonstrando a evolução do produto.

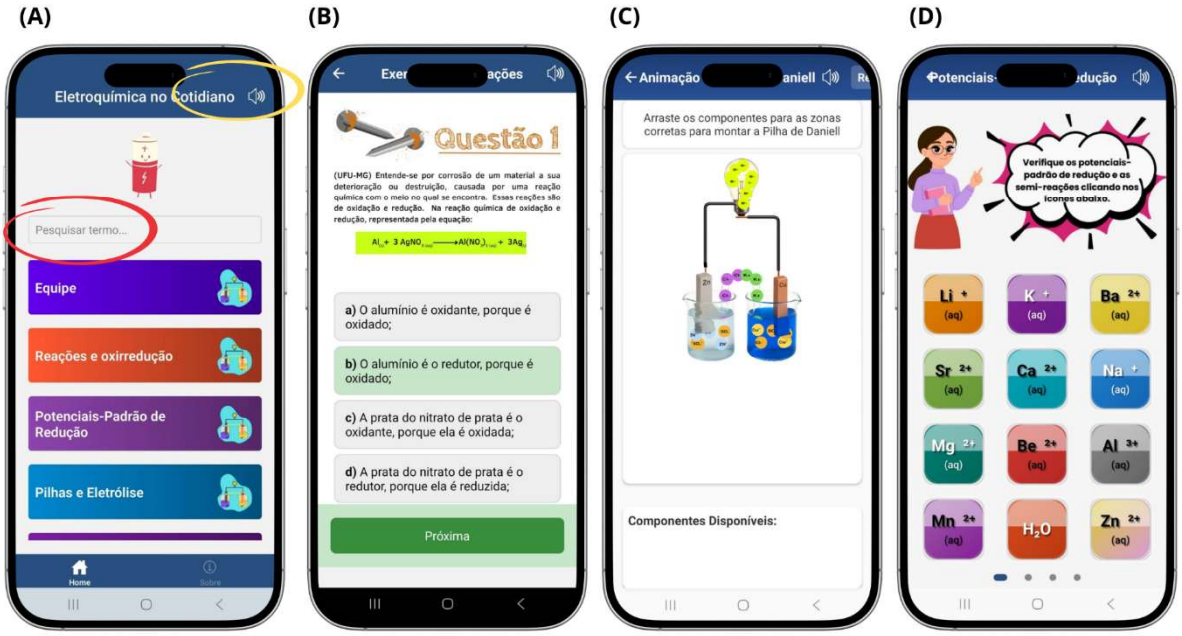
- **Ampliação da acessibilidade e alcance:** A necessidade de disponibilização do aplicativo no sistema iOS foi prontamente atendida, com sua submissão em abril de 2025 e aprovação na *Apple Store* em agosto de 2025. Esta ação não apenas amplia significativamente o público-alvo potencial, mas também demonstra um compromisso com a equidade de acesso à ferramenta educacional. Paralelamente, a implementação de funcionalidades de acessibilidade, como a transcrição texto-áudio e a busca por termos (Figura 58 A), atende a uma demanda por um *design* mais inclusivo, beneficiando usuários com diferentes necessidades (baixa visão ou dificuldade de leitura) e estilos de aprendizagem;
- **Aprofundamento da imersão e interatividade:** O *feedback* que apontou a necessidade de maior imersão e interatividade foi abordado por meio de duas inovações centrais:
    1. **Sistema de *Quiz* com *feedback* automático:** Esta funcionalidade introduz um elemento de avaliação formativa e gamificação. Ao fornecer *feedback* imediato, com recursos visuais e sonoros, o sistema promove a autorregulação da aprendizagem, permitindo que o discente identifique e corrija seus equívocos em tempo real, fortalecendo a compreensão conceitual. O *feedback* automático

no *Quiz* (Figura 58 B) está alinhado com a teoria da aprendizagem de Vygotsky (2007 e 2010);

2. **Animação interativa da Pilha de Daniell:** Esta é a peça-chave para a imersão. Ao transferir a ação para o discente, que participa ativamente da montagem do sistema, a animação vai além de uma demonstração passiva. Essa participação ativa do usuário na animação corrobora os princípios da aprendizagem experiencial de Dewey (2023). O *feedback* visual imediato (componentes verdes/vermelhos) cria um ciclo de tentativa-erro-acerto que é fundamental para a aprendizagem significativa. O ponto-chave da animação – o acendimento da lâmpada após a montagem correta da célula eletroquímica (Figura 58 C) – concretiza de forma poderosa e memorável o princípio abstrato da conversão de energia química em elétrica. Esta abordagem se alinha diretamente com teorias de aprendizagem que privilegiam a descoberta e a experimentação.

- **Consolidação da confiabilidade científica:** A inclusão da tabela interativa de potenciais-padrão de redução das espécies químicas (Figura 58 D), com valores certificados pela IUPAC e em CNTP, reforça o compromisso com o rigor científico, uma dimensão crítica pelo julgamento de especialistas. Mais do que uma tabela estática, sua natureza interativa facilita a consulta e a aplicação dos dados em exercícios, integrando-se organicamente ao fluxo de aprendizagem.

Figura 58: Aplicativo *Eletroquímica no Cotidiano* aprimorado após a validação inicial com docentes e discentes de três escolas distintas (pública, privada e do campo).



Fonte: Fernandes *et al*. (2026).

Em síntese, a presente seção demonstrou que o caminho entre a versão inicial (2022) e a versão aprimorada (2025) do aplicativo foi pavimentado por um diálogo constante com os usuários e especialistas. Os resultados da validação inicial não foram apenas um fim, mas um meio para um desenvolvimento mais robusto e centrado no usuário. A discussão evidenciou como cada crítica foi transformada em uma oportunidade de melhoria, resultando em um produto que não apenas é usável e agradável, mas também pedagogicamente fundamentado, cientificamente preciso e significativamente mais imersivo e acessível. A versão 2025 do aplicativo representa, portanto, um artefato tecnológico educacional maduro, pronto para ser submetido a novas rodadas de avaliação de sua eficácia na promoção da aprendizagem.

3.4.4 Conclusão parcial

O presente estudo cumpriu seu objetivo central ao desenvolver e validar os recursos educacionais digitais *Eletroquímica no Cotidiano*, constituídos por um aplicativo móvel *offline* e um *website* complementar. A investigação demonstrou que a integração de tecnologias digitais, quando metodicamente concebida e submetida a um rigoroso crivo avaliativo, configura uma estratégia pedagógica viável e promissora para a modernização do ensino de Química.

A validação dos recursos, fundamentada no Modelo de Avaliação de Aplicativos Educacionais (MAAE) e realizada em múltiplos contextos educacionais (público, privado e do campo), atestou a receptividade positiva por parte de discentes e docentes das três escolas investigadas. Os resultados indicaram usabilidade, um potencial de engajamento significativo e a relevância pedagógica das ferramentas, corroborando sua adequação para mediar conceitos complexos de eletroquímica por meio de uma abordagem contextualizada. Entretanto, com base na crítica construtiva do docente da EPr, para que as ferramentas cumpram completamente os objetivos de aprendizagem relevantes para o contexto digital, é preciso o planejamento e a implementação de novas atualizações no que tange às categorias cognitivas avançadas de “Avaliar” e “Criar”.

Um dos pilares metodológicos que fortaleceu este estudo foi a adoção de um processo iterativo de desenvolvimento. As contribuições críticas colhidas na fase de validação inicial não foram apenas diagnosticadas, mas serviram como base direta para a elaboração de uma versão ampliada e refinada do aplicativo. A incorporação de funcionalidades de acessibilidade (transcrição texto-áudio e busca por termos) e a disponibilização do aplicativo no sistema iOS, a implementação de um sistema de *Quiz* com *feedback* automático, a inclusão de uma tabela interativa de potenciais-padrão de redução de espécies químicas e, sobretudo, o

desenvolvimento de uma animação interativa da Pilha de Daniell, representam um avanço qualitativo. Essas melhorias respondem diretamente à demanda por maior imersão e interatividade, transformando o discente de um espectador passivo em um agente ativo na construção do seu conhecimento.

Portanto, à luz da pedagogia freireana, conclui-se que os recursos *Eletroquímica no Cotidiano* transcendem sua função instrumental e se configuram como **mediadores de uma educação crítica, dialógica e libertadora**. Eles não apenas modernizam o ensino de Química, mas também contribuem para formar sujeitos capazes de compreender, avaliar e transformar a realidade, em consonância com o ideal freireano de uma educação comprometida com a emancipação humana. Então, conclui-se que os recursos *Eletroquímica no Cotidiano*, em sua versão final, posicionam-se não apenas como produtos validados, mas como instrumentos didáticos robustos e efetivos. Eles se mostram aptos a auxiliar os docentes no planejamento de aulas dinâmicas e a fomentar uma aprendizagem significativa para os discentes. Por terem sido concebidos com foco na acessibilidade (modo *offline* do aplicativo) e validados em realidades educacionais diversas, os recursos demonstram um potencial notável para a democratização do conhecimento científico, oferecendo um caminho viável para a renovação e o enriquecimento do ensino de eletroquímica no Ensino Médio.

3. 5 CAPÍTULO V - TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA: Efeitos do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* no desempenho de discentes da Educação Básica[7]

[7] Conforme esclarecido na Apresentação da Tese, este capítulo segue o formato de manuscrito para submissão.

TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA: Efeitos do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* no desempenho de discentes da Educação Básica

DIGITAL TECHNOLOGIES IN ELECTROCHEMISTRY TEACHING: Effects of the application and website *Electrochemistry in Everyday Life* on the performance of Basic Education students

Maraína Medeiros Fernandes
Fábio Augusto Amaral
Sheila Cristina Canobre

RESUMO

A eletroquímica, tema central da Química, é frequentemente percebida como abstrata e desafiadora pelos discentes da Educação Básica. Nesse contexto, estudos têm sido realizados a fim de verificar se ferramentas digitais interativas, especialmente as projetadas para uso *offline*, podem mitigar essas dificuldades ao contextualizar conceitos em fenômenos do cotidiano e, crucialmente, ao promover uma aprendizagem mais equitativa em escolas com infraestrutura limitada. Este estudo, portanto, investigou os impactos do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* na aprendizagem e motivação discente, analisando sua eficácia em três realidades distintas de Itumbiara-GO: Escola Pública, Privada e do Campo. A metodologia, de natureza qualitativa, baseou-se na aplicação de um questionário de 15 itens (pré-teste e pós-teste) para comparar o desempenho cognitivo e a assimilação de conceitos fundamentais após a intervenção com as ferramentas digitais. Os resultados indicaram uma melhora quantitativa considerável nos resultados do questionário pós-intervenção em todos os três contextos educacionais, com ganhos mais notórios observados nas escolas pública e privada. Entretanto, é importante ressaltar que apesar das dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos discentes da Escola do Campo, estes apresentaram maior engajamento nas atividades práticas (experimentação e uso das ferramentas digitais). Qualitativamente, os discentes relataram maior motivação e uma compreensão mais clara dos conceitos abstratos, uma vez que os recursos digitais vincularam com sucesso os princípios eletroquímicos a fenômenos do dia a dia. Conclui-se que a integração dessas ferramentas digitais promove a aprendizagem significativa, reduz barreiras cognitivas, facilita a equidade educacional e aumenta o engajamento, demonstrando elevado potencial como estratégia pedagógica complementar e inclusiva.

PALAVRAS-CHAVE:

Aprendizagem Significativa; Ferramentas Digitais; Eletroquímica; Equidade Educacional; Motivação Discente.

ABSTRACT

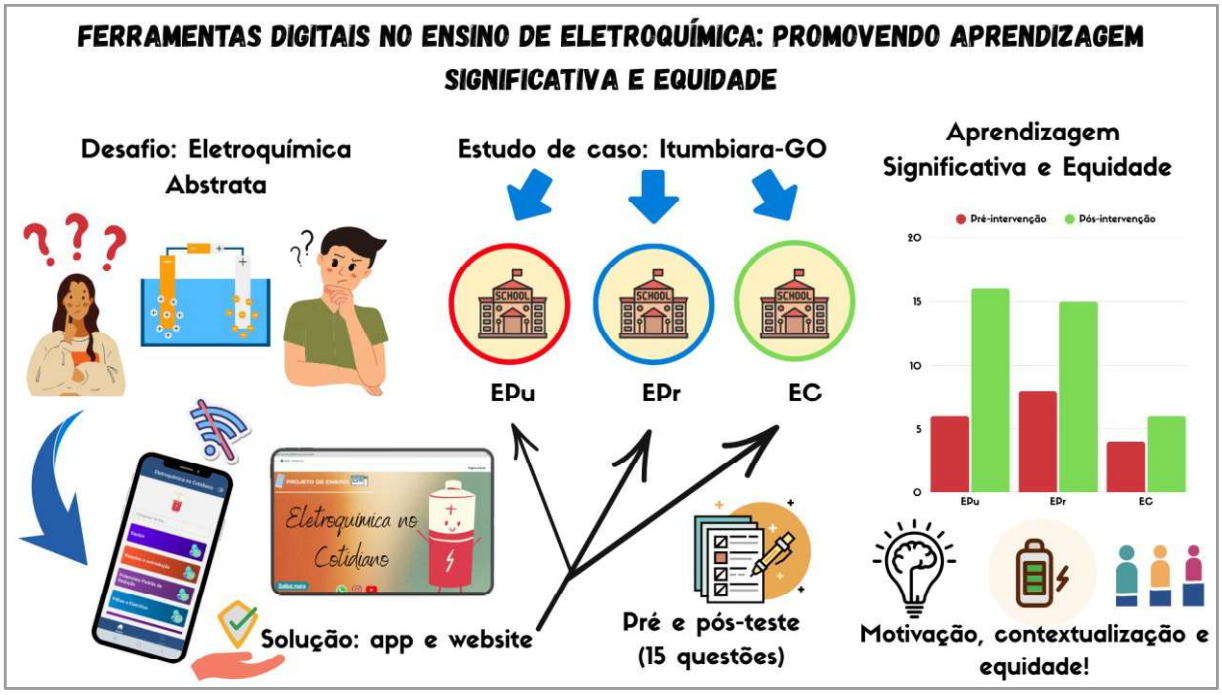
Electrochemistry, a core topic in Chemistry, is often perceived as abstract and challenging by basic education students. In this context, studies have been conducted to determine whether interactive digital tools, especially those designed for offline use, can mitigate these difficulties. These tools aim to contextualize concepts through everyday phenomena and, crucially, to

promote more equitable learning in schools with limited infrastructure. This study therefore investigated the impacts of the *Electrochemistry in Everyday Life* application and website on student learning and motivation, analyzing its effectiveness across three distinct settings in Itumbiara, Goiás, Brazil: a Public School, a Private School, and a Rural School. The qualitative methodology was based on a 15-item questionnaire administered (pretest-posttest) to compare cognitive performance and the assimilation of fundamental concepts following the use of the digital tools. Results indicated a considerable quantitative improvement in scores across all three contexts, with the most notable gains observed in the public and private schools. It is important to highlight, however, that despite presenting initial learning difficulties, Rural School students demonstrated higher engagement in practical activities, such as experimentation and using the digital tools. Qualitatively, students reported increased motivation and a clearer understanding of abstract concepts, which they attributed to the resources' success in linking electrochemical principles to daily phenomena. In conclusion, the integration of these digital tools promotes meaningful learning, reduces cognitive barriers, facilitates educational equity, and increases student engagement, demonstrating significant potential as a complementary and inclusive pedagogical strategy.

KEYWORDS:

Meaningful Learning; Digital Tools; Electrochemistry; Educational Equity; Student Motivation.

RESUMO GRÁFICO



3.5.1 Introdução

A eletroquímica constitui um pilar fundamental no currículo de Química da Educação Básica, fornecendo a base teórica para a compreensão de uma vasta gama de fenômenos e tecnologias que permeiam a sociedade contemporânea, especialmente em áreas como ciência, tecnologia, engenharia, matemática e medicina. Sua relevância transcende os laboratórios,

manifestando-se em aplicações cotidianas essenciais, desde o funcionamento de baterias em dispositivos móveis e veículos elétricos, até os processos de corrosão (como a ferrugem do aço em contato com a chuva e o oxigênio) e galvanização de estruturas metálicas (como a aplicação de uma camada protetora de zinco sobre o aço para evitar a corrosão). Compreender seus princípios é, portanto, imprescindível para a formação de cidadãos cientificamente alfabetizados, capazes de interagir crítica e conscientemente com o mundo material que os rodeia, tal como destacado por pesquisadores na área de ensino de Ciências (Márquez *et al.*, 2024; Karpudewan; Huri, 2023; Kandahari; Smith; Goeltz, 2021).

Não obstante sua importância, a eletroquímica figura entre os tópicos que apresentam significativas dificuldades de aprendizagem em Química Geral (Sanders *et al.*, 2018). A natureza abstrata de conceitos como potencial padrão da espécie química, pilha eletroquímica, eletrólise, e difusão/migração de íons dentro do eletrólito (Lin *et al.*, 2025) e outros, frequentemente desvinculada de contextos reais, converte-a em um conteúdo de alta complexidade cognitiva para muitos discentes. Essa abstração, associada a uma abordagem excessivamente teórica e pautada em cálculos matemáticos, pode gerar desinteresse e uma percepção da Química como uma disciplina distante da realidade, conforme apontam estudos nacionais sobre as concepções alternativas e obstáculos epistemológicos neste tema (Caramel; Pacca, 2011; Barreto; Batista; Cruz, 2017; Venturi *et al.*, 2021) e que estão distantes da explicação científica aceita.

As dificuldades supracitadas são frequentemente agravadas por metodologias de ensino tradicionais (Ferreira; Gonçalves; Salgado, 2021), centradas na transmissão passiva de informação e na resolução de exercícios por intermédio de uma aplicação excessiva de operações matemáticas. Neste cenário, conceitos fundamentais como a espontaneidade das reações de oxirredução e a função da ponte salina (Lin *et al.*, 2025) tornam-se meras abstrações, dificultando a construção de modelos mentais robustos pelos discentes. A literatura especializada evidencia que essa abordagem descontextualizada contribui para elevados índices de reprovação e para a consolidação de uma visão fragmentada e pouco significativa do conhecimento químico.

Em contrapartida a esses desafios, o cenário educacional tem sido reconfigurado pela inserção crescente das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) (De Souza, 2021). Aplicativos, simuladores, ambientes virtuais de aprendizagem e *websites* interativos emergem como ferramentas pedagógicas promissoras, com potencial para transformar o processo de ensino e aprendizagem em Ciências e Química. Da Silva Júnior *et al.* (2025), por exemplo, relatam que introduzir elementos de jogo (gamificação) nas aulas de um curso de

laboratório de Química Geral é uma forma inovadora de ensinar. Essa técnica aumenta a motivação e o envolvimento dos discentes de maneira mais eficaz do que os métodos tradicionais, que se limitam a seguir protocolos preestabelecidos. Esses recursos podem mediar a construção do conhecimento, propiciando a visualização de fenômenos em microescala, a experimentação virtual e a criação de ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e atraentes.

O potencial didático das TDICs reside na sua capacidade de operar como ferramentas cognitivas, que auxiliam na superação de obstáculos inerentes a conteúdos abstratos. Simulações computacionais (como o Laboratório de Química Virtual discutido por Ullah, Ali e Rahman, 2016) permitem a manipulação de variáveis e a visualização de processos invisíveis a olho nu, como o fluxo de elétrons em uma pilha ou a deposição de íons em um processo eletrolítico. Esta característica favorece a compreensão conceitual, complementando ou suplementando as limitações de demonstrações práticas potencialmente inviáveis no contexto escolar, um aspecto amplamente discutido em pesquisas internacionais sobre múltiplos modelos representacionais.

Apesar da disseminação e do entusiasmo em torno da aplicabilidade desses recursos digitais, a comunidade académica alerta para a necessidade de investigações rigorosas que avaliem sua real eficácia pedagógica (Zimmermann; Melle; Huwer, 2021), particularmente em tópicos específicos como a eletroquímica. A simples disponibilidade de uma tecnologia não garante, por si só, a melhoria da aprendizagem. É imperativo analisar criticamente como seu *design*, sua abordagem conceitual e sua integração ao planejamento docente influenciam a construção do conhecimento, preenchendo uma lacuna identificada na literatura da área. Nesse sentido, a avaliação de aspectos como a inserção do recurso digital no contexto de ensino-aprendizagem (pré-aula, durante a aula, pós-aula ou como atividade extraclasse), o tempo de utilização da ferramenta digital e a sua aferição em longo prazo pode elucidar o panorama sobre como e quando tais estratégias devem — ou não — ser implementadas pelo docente no ensino de eletroquímica, por exemplo.

Neste contexto, o aplicativo/*website Eletroquímica no Cotidiano* se apresenta como um objeto de estudo relevante. Desenvolvido com o propósito explícito de superar as lacunas do ensino tradicional, este recurso caracteriza-se pela sua natureza interativa e por uma abordagem pedagógica profundamente contextualizada. Ele organiza o conteúdo em torno de módulos que relacionam diretamente os princípios eletroquímicos a aplicações tecnológicas e situações do cotidiano, promovendo uma aprendizagem significativa, na perspectiva de Ausubel (2000), ao ancorar novos conceitos em conhecimentos prévios e socialmente relevantes.

Diante do exposto, este artigo tem como objetivo investigar os impactos do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* no desempenho cognitivo e na motivação discente na Educação Básica, abrangendo três realidades educacionais distintas no município de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo). Como objetivos específicos, procurou-se: (i) comparar sistematicamente os resultados quantitativos e qualitativos obtidos em avaliações pré e pós-intervenção didática, visando mensurar a eficácia pedagógica das ferramentas; (ii) analisar a percepção dos discentes sobre a assimilação dos conceitos fundamentais de eletroquímica após a utilização dos recursos digitais; e (iii) verificar em que medida a incorporação dessas tecnologias favorece a construção significativa de conceitos científicos tradicionalmente considerados de alta complexidade cognitiva pelo público-alvo.

A pesquisa busca, portanto, contribuir para o corpus de conhecimento sobre a integração das TDICs no ensino de Química, fornecendo evidências empíricas que possam orientar a prática docente e o desenvolvimento de materiais educacionais digitais mais alinhados com as necessidades de uma educação científica contemporânea, crítica e equitativa.

3.5.2 Metodologia

3.5.2.1 Delineamento e abordagem da pesquisa

Esta pesquisa adota uma abordagem de **métodos mistos**, integrando procedimentos qualitativos e quantitativos de forma complementar, com o objetivo de compreender, de maneira ampla, os impactos da utilização de recursos educacionais digitais no ensino de eletroquímica.

Do ponto de vista quantitativo, o estudo utiliza um delineamento **quase-experimental do tipo pré-teste e pós-teste sem grupo controle** (Campbell; Stanley, 1979), com a finalidade de analisar possíveis variações no desempenho conceitual dos discentes após a intervenção pedagógica. Já no âmbito qualitativo, a investigação assume características de **estudo de caso múltiplo** (Gil, 2009; Yin, 2015; Carneiro, 2018), buscando interpretar as percepções dos participantes e os contextos educacionais distintos (Escola Pública, Escola Privada e Escola do Campo).

A integração entre essas abordagens permite não apenas mensurar resultados de aprendizagem, mas também compreender os significados atribuídos pelos sujeitos ao processo educativo mediado por tecnologias digitais.

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com ênfase no estudo de caso (Gil, 2009; Gomes Neto; Albuquerque; Silva, 2024), do tipo pré-teste e pós-

teste em grupos escolares distintos (público, privado e do campo). O objetivo central foi diagnosticar a evolução conceitual dos discentes em conteúdos de eletroquímica antes e após a intervenção pedagógica com ferramentas virtuais contextualizadas (aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano*).

3.5.2.2 Participantes e contexto

A pesquisa foi conduzida com discentes da Educação Básica tendo como propósito metodológico central verificar a evolução da aprendizagem em eletroquímica por meio da comparação entre os desempenhos no pré-teste e no pós-teste. Participaram inicialmente 81 discentes, mas o pós-teste contou com 33 respostas válidas, em decorrência de evasão escolar, redução do tempo letivo das duas últimas aulas, contratempos técnicos no desenvolvimento dos recursos educacionais digitais e dificuldades de acesso às ferramentas digitais e ao questionário eletrônico, agravadas pela instabilidade da internet fornecida pelas escolas.

Diante desse contexto, a análise comparativa foi delineada especificamente sobre os 33 participantes que concluíram ambas as etapas, o que assegura a pertinência da medida intra-sujeitos para avaliar o progresso individual. Assim, a redução amostral não compromete a comparabilidade entre os dois momentos para esse grupo delimitado, mas sinaliza uma restrição quanto à extrapolação dos achados para a população inicial. Essa limitação é reconhecida e ponderada na discussão dos dados, com ênfase nas contingências do ambiente escolar e tecnológico.

A pesquisa foi conduzida com cinco turmas de discentes da Educação Básica (1 turma do Ensino Fundamental e 4 turmas do Ensino Médio) durante a execução da sequência didática intitulada *Eletroquímica no Cotidiano*, a qual era composta de 5 aulas fundamentadas na metodologia dos 3 Momentos Pedagógicos (3 MPs) (Muenchen; Delizoicov, 2014). Esta sequência didática foi aplicada entre os meses de outubro e dezembro de 2022 nas três escolas investigadas neste estudo.

3.5.2.3 Instrumento de coleta de dados

Para a coleta de dados, foi utilizado um questionário eletrônico (Apêndice O), desenvolvido na plataforma *Google Forms*, composto por 15 questões que abrangeram as seguintes dimensões do conhecimento em eletroquímica:

- Conteúdos de Química Geral;
- Competências e habilidades em eletroquímica;

- Componentes de uma célula galvânica e de uma célula eletrolítica;
- Reações de oxirredução no cotidiano;
- Experimentação envolvendo oxirredução;
- Curiosidades sobre o tema associados ao cotidiano;
- Descarte correto de pilhas e baterias.

O instrumento incluiu questões de natureza objetiva e subjetiva, permitindo uma análise tanto estatística, quanto discursiva das respostas.

3.5.2.4 Procedimentos de intervenção e coleta de dados

A coleta de dados ocorreu em dois momentos distintos, integrados às etapas da sequência didática aplicada nas três escolas investigadas (para maiores detalhes da sequência didática acessar o Capítulo 3 desta tese):

- **Pré-teste:** O questionário foi aplicado na segunda aula da sequência, correspondente à etapa de problematização inicial. O objetivo do pré-teste foi de avaliação inicial dos discentes sobre o tema eletroquímica antes de qualquer intervenção direta com as ferramentas virtuais desenvolvidas neste estudo;
- **Intervenção didática:** Entre o pré-teste e o pós-teste, os discentes participaram de atividades pedagógicas da sequência didática que incorporaram o uso de um aplicativo móvel (*App*) e um *website* complementar desenvolvidos com abordagens contextualizadas, focando na aprendizagem ativa de eletroquímica;
- **Pós-teste:** O mesmo questionário foi reaplicado na quarta/quinta aula da sequência didática, na etapa pedagógica de aplicação do conhecimento. O objetivo foi avaliar a evolução conceitual dos discentes em eletroquímica após a experiência com as ferramentas virtuais.

3.5.2.5 Análise dos dados

As respostas dos questionários, coletadas em tempo real e armazenadas automaticamente no *Google Drive*, foram analisadas da seguinte forma: As questões objetivas foram submetidas a uma análise estatística descritiva com a obtenção de gráficos de barras com os percentuais das respostas dadas pelos discentes de forma comparativa (antes e após intervenção). Já as respostas subjetivas foram avaliadas por meio da análise de conteúdo, isto é, a categorização das respostas para identificar mudanças na profundidade, clareza e correção

dos conceitos apresentados pelos discentes, evidenciando a evolução conceitual para além dos números. Estes dados foram apresentados na forma de quadros comparativos (antes e após a intervenção didática).

3.5.2.6 Aspectos éticos da pesquisa

Em observância às diretrizes éticas para pesquisas envolvendo seres humanos, o presente estudo obteve aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (Parecer nº 5.511.888 e Parecer Consubstanciado 8.164.845 – emenda do protocolo de pesquisa) (Anexo A) mediante submissão à Plataforma Brasil, em estrita conformidade com a Resolução CNS nº 510/2016. Os participantes das três unidades de ensino, previamente informados sobre os fundamentos e objetivos da investigação, consentiram formalmente com sua participação por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (por responsáveis e docentes) (Apêndices A e B) e do Termo de Assentimento (pelos discentes) (Apêndice C), resguardando-se o caráter confidencial dos dados e seu uso exclusivo para fins de divulgação científica.

3.5.3 Resultados e discussão

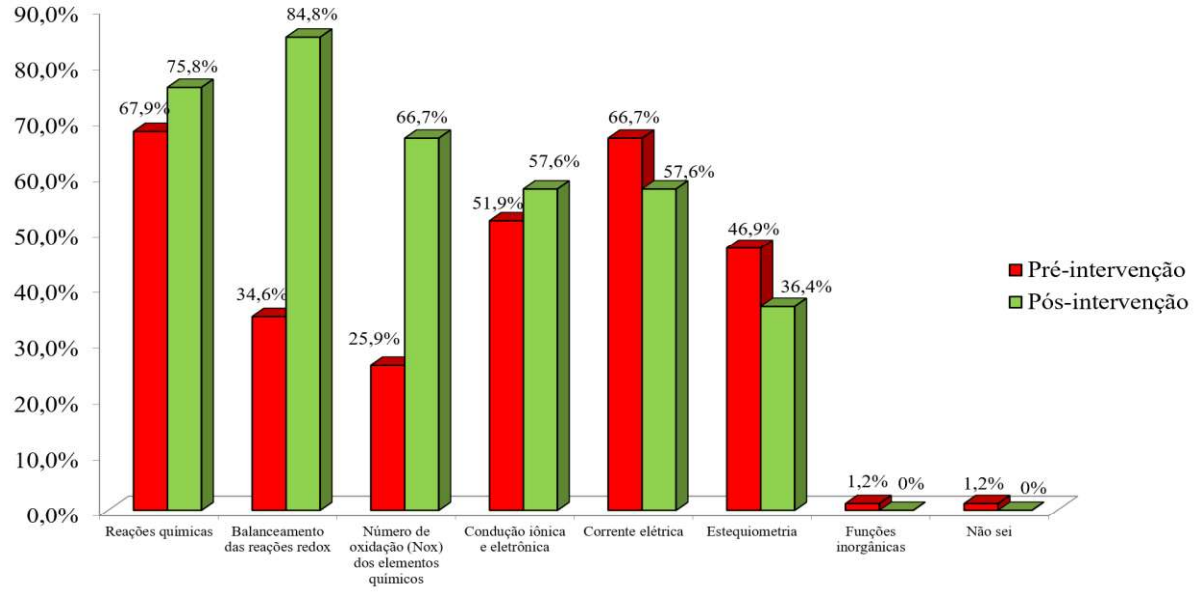
Os dados foram coletados mediante aplicação de um questionário diagnóstico composto por 15 itens (abrangendo questões objetivas e subjetivas), administrado em dois momentos distintos: na segunda aula da sequência didática (pré-teste) e após a conclusão das atividades intervencionistas (pós-teste, quarta/quinta aula). O instrumento permitiu aferir os conhecimentos prévios dos discentes sobre os conceitos fundamentais de eletroquímica, fornecendo um diagnóstico inicial essencial para mapear suas concepções alternativas e subsidiar a análise comparativa posterior.

O questionário diagnóstico sobre eletroquímica foi aplicado a 81 participantes na fase pré-intervenção, reduzindo-se para 33 respondentes no pós-teste. Essa discrepância amostral decorreu de limitações operacionais: (i) redução do tempo letivo nas duas últimas aulas (junção das duas últimas aulas em apenas 50 minutos), devido a desafios técnicos no desenvolvimento do aplicativo e *website*; e (ii) instabilidade crônica da conexão *wi-fi* nas três instituições pesquisadas, que impossibilitou a participação de 48 discentes no questionário final. Como estratégia compensatória, os discentes foram instruídos a responder o formulário em domicílio - solução que se mostrou limitada, conforme evidenciado por Catanante, Dantas e Campos (2020), cujos estudos demonstram que variáveis exógenas ao ambiente escolar (como

condições domiciliares inadequadas e dinâmicas familiares disruptivas) comprometem significativamente a adesão a atividades pedagógicas remotas.

A Questão 1 (Figura 59) buscou avaliar os conhecimentos prévios em Ciências/Química construídos pelos discentes no Ensino Fundamental e suas conexões com os conteúdos programáticos da 2ª Série do Ensino Médio, particularmente no eixo temático da eletroquímica. Os dados revelaram uma evolução significativa na compreensão conceitual dos discentes. No pré-teste, 67,9% dos respondentes identificaram as 'reações químicas' como o conhecimento fundamental para a aprendizagem de eletroquímica. No pós-teste, observou-se uma migração conceitual relevante, com a maioria dos discentes destacando o 'balanceamento de reações de oxirredução' como conteúdo essencial - indicativo de que internalizaram a relação estequiométrica entre a transferência eletrônica e os processos eletroquímicos. Essa mudança paradigmática pode ser atribuída à estratégia pedagógica adotada, que segmentou didaticamente o estudo das reações de oxirredução dos fenômenos de pilhas e eletrólise, conforme recomendado por De Farias (2022) ao mencionar a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel sobre abordagens progressivas no ensino de conceitos inter-relacionados.

Figura 59: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) conteúdo(s) de química prévio(s) você julga ser(em) importante(s) para se aprender eletroquímica?"

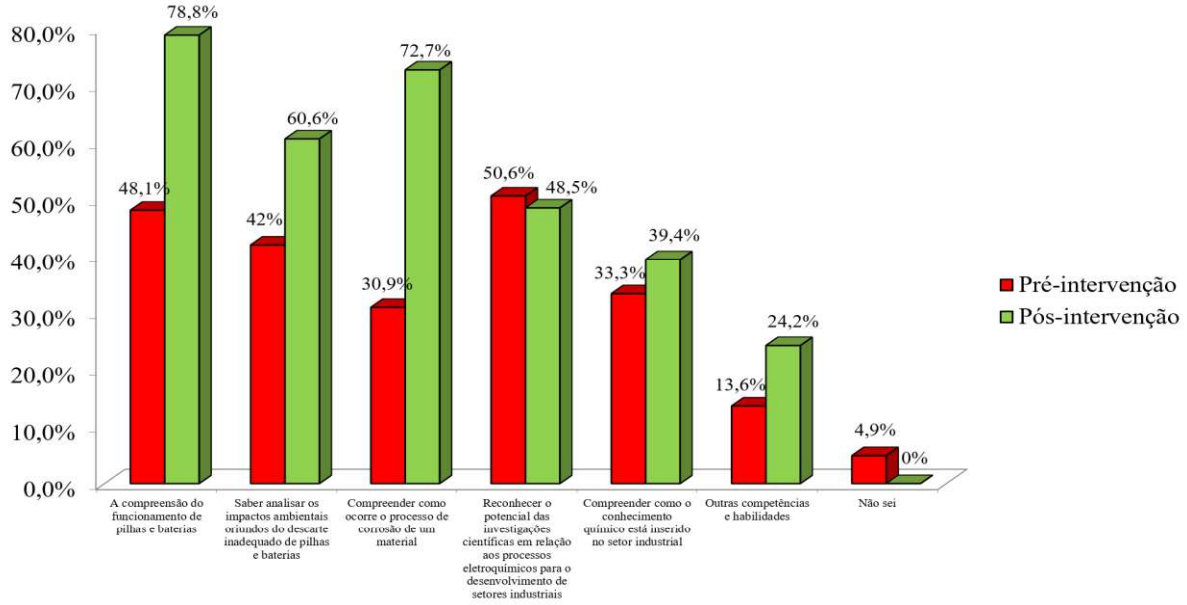


Fonte: Autoria própria (2026).

A análise da Questão 2 do instrumento avaliativo (Figura 60) revelou uma evolução significativa na percepção discente acerca das competências e habilidades essenciais para o estudo da eletroquímica no Ensino Médio. Os dados do pré-teste indicaram que 50,6% dos respondentes associavam a relevância da eletroquímica principalmente às suas aplicações

industriais. Contudo, no pós-teste, observou-se uma mudança paradigmática, com 78,8% dos discentes destacando a compreensão dos princípios fundamentais de pilhas e baterias como conhecimento basilar. A transição cognitiva observada sugere a eficácia da abordagem pedagógica centrada na distinção entre reações espontâneas (pilhas) e não espontâneas (eletrólise). O emprego de aulas expositivas mostrou-se suficiente para que os discentes construíssem uma hierarquia conceitual coerente, na qual o domínio teórico é reconhecido como pré-requisito para a compreensão das aplicações tecnológicas. Tal percepção está em consonância com o arcabouço de Márquez *et al.* (2024) para a aprendizagem significativa em eletroquímica, que preconiza a apresentação sequencial dos conceitos fundamentais, associando-os posteriormente aos princípios operacionais de dispositivos de energia, suas aplicações no mundo real e seus respectivos impactos sociais.

Figura 60: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "No Ensino Médio, qual(is) competência(s) e habilidade(s) são esperadas no estudo de eletroquímica?"



Fonte: Autoria própria (2026).

Scholz (2023) em sua investigação enfatiza a relevância de uma abordagem interdisciplinar da eletroquímica, articulando-a com tópicos de Química inorgânica, orgânica, analítica, ambiental, bioquímica e biotecnologia. Segundo o autor, essa perspectiva multidimensional possibilita aos discentes desenvolver uma compreensão mais abrangente dos princípios eletroquímicos e suas aplicações tecnológicas na sociedade. O estudo ainda ressalta que a consolidação dos conceitos fundamentais é pré-requisito essencial para um aprendizado efetivo em níveis mais avançados.

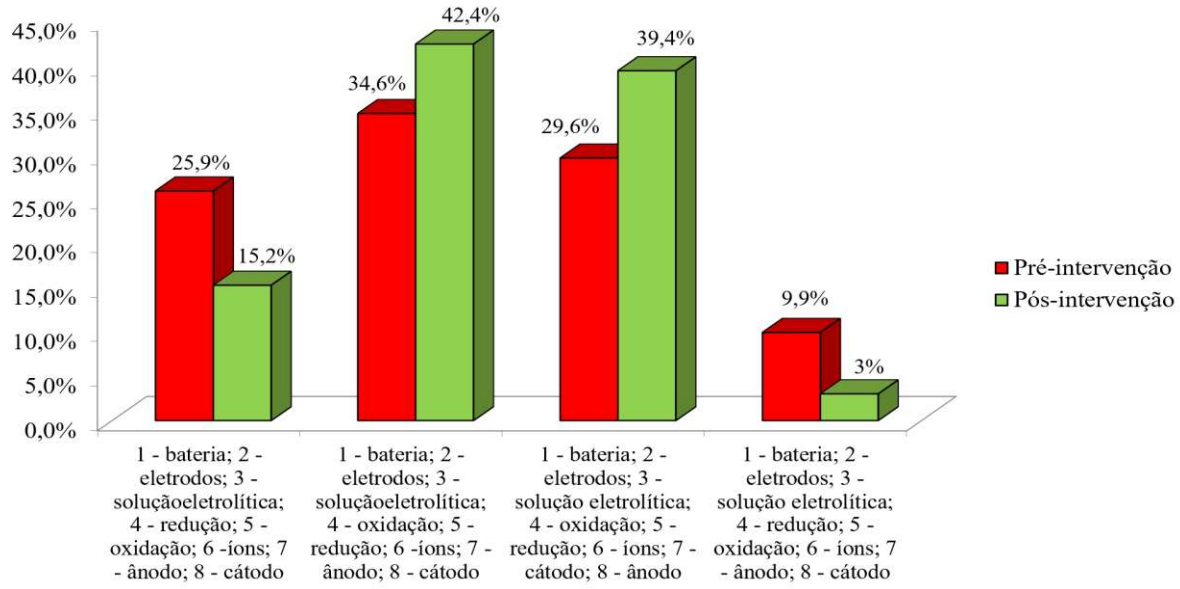
No contexto da presente pesquisa, os dados revelaram que, no pré-teste, apenas os discentes da Escola Pública (EPu), particularmente da Turma de Eletrotécnica, e os da Escola

Privada (EPr) demonstravam domínio satisfatório dos conceitos básicos de eletroquímica. Em contraste, os participantes da Escola do Campo (EC), matriculados no 9° Ano do Ensino Fundamental, não apresentavam familiaridade prévia com os conteúdos eletroquímicos - fato que se justifica pelo currículo escolar correspondente ao seu nível de escolarização.

O pós-teste, contudo, evidenciou avanços significativos: (i) os discentes da EPr mostraram conhecimentos mais aprofundados, corroborado pelo desempenho satisfatório nas questões de eletroquímica do ENEM 2022; e (ii) na EPu, especificamente na turma de Química, 50% dos discentes obtiveram êxito nas duas questões aplicadas via *Moodle* (*Quiz no Moodle*). Esses resultados sugerem que as ferramentas digitais adotadas na intervenção potencializaram a aprendizagem, especialmente quando combinadas com bases conceituais prévias, conforme postulado por Scholz (2023).

A Questão 3 do instrumento avaliativo (Figura 61) teve como objetivo analisar as concepções discentes por meio da representação esquemática de uma célula eletrolítica (eletrólise). Os dados revelaram que, no pré-teste, apenas 34,6% dos respondentes conseguiram identificar corretamente os componentes fundamentais de uma célula eletrolítica (eletrólise) em suas representações gráficas. No pós-teste, observou-se uma modesta evolução para 42,4%, permanecendo, contudo, a dificuldade predominante em relacionar os processos de oxidação e redução com a polaridade dos eletrodos (ânodo e cátodo) para mais da metade da amostra.

Figura 61: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "O esboço abaixo representa uma célula eletroquímica. Identifique os componentes enumerados na figura".

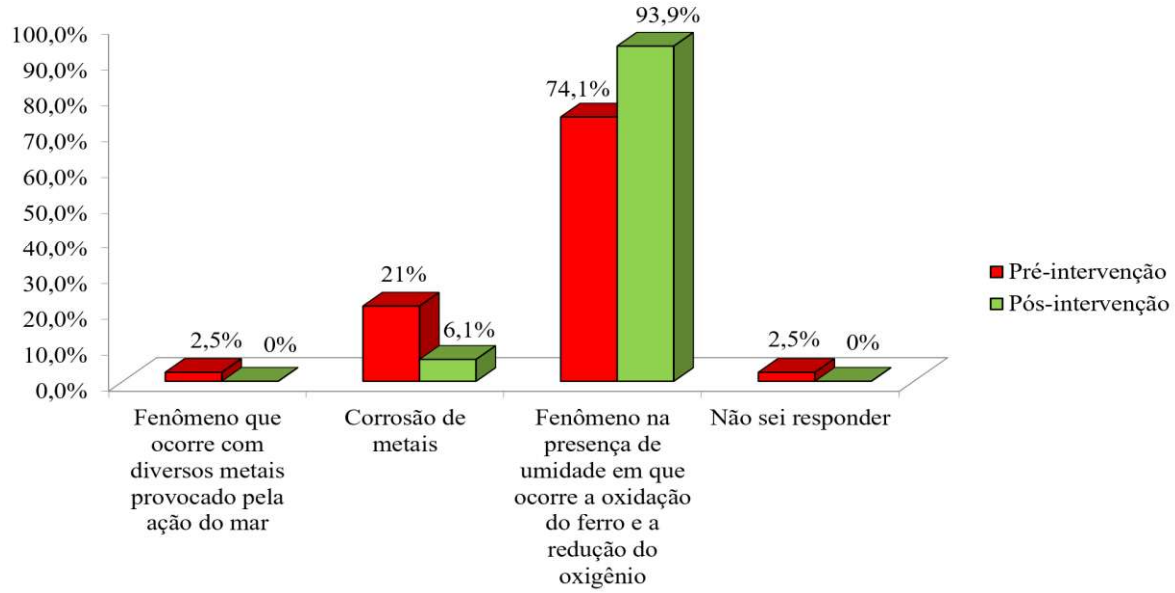


Fonte: Autoria própria (2026).

Esses resultados indicam a persistência de concepções alternativas significativas mesmo após a intervenção pedagógica. Sugere-se, portanto, que o ensino de eletroquímica seja mais aprofundado por estratégias didáticas inovadoras - como aplicativos educacionais, simuladores computacionais e atividades experimentais - que possibilitem uma representação mais concreta dos processos de oxirredução, facilitando a construção de modelos mentais mais precisos. Essa abordagem multimodal pode promover uma melhor articulação entre os aspectos teóricos e práticos da eletroquímica, superando as dificuldades conceituais identificadas. A simulação de práticas experimentais sobre oxirredução, segundo Wang e Wang (2022), atua como uma ponte essencial para o aprendizado, conectando sinais experimentais observáveis com os comportamentos microscópicos e cinéticos subjacentes nos eletrodos, solidificando a compreensão dos princípios da eletroquímica.

Na Questão 4 do instrumento avaliativo, que abordava o fenômeno da ferrugem, os dados revelaram que no pré-teste 74,1% dos discentes associaram corretamente o processo à oxidação do ferro concomitante à redução do oxigênio na presença de umidade. Após a intervenção pedagógica (pós-teste), essa compreensão mostrou-se significativamente ampliada, com 93,9% dos respondentes demonstrando domínio conceitual adequado, enquanto os 6,1% restantes relacionaram o fenômeno ao processo mais generalista de corrosão metálica (Figura 62).

Figura 62: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "O que você entende por ferrugem?".



Fonte: Autoria própria (2026).

Esse aprimoramento conceitual pode ser atribuído à abordagem contextualizada adotada durante as atividades da sequência didática, que estabeleceu conexões explícitas entre os

princípios eletroquímicos e fenômenos observáveis no cotidiano dos discentes, tais como: (i) os processos corrosivos em estruturas metálicas domésticas (portões, utensílios, carros abandonados em estabelecimentos comerciais conhecidos como “ferro-velho” e outros exemplos); (ii) a oxidação acelerada em materiais porosos (palha de aço); e (iii) os efeitos de intemperização em monumentos históricos (caso internacional da Estátua da Liberdade). Essa estratégia didática, alinhada com os pressupostos do ensino contextualizado parece ter facilitado a transferência do conhecimento teórico para a interpretação de fenômenos reais. Marcelino *et al.* (2023), por exemplo, afirmam que a aplicação de estratégias de aprendizagem ativa para investigar a realidade (ciência contextualizada) permite que os discentes desenvolvam uma compreensão mais profunda das complexidades inerentes a situações do mundo real, fomentando o pensamento sistêmico.

A Questão 5 do instrumento avaliativo teve como objetivo verificar a capacidade dos discentes em identificar as semi-reações de oxidação e redução, a equação global balanceada, o ânodo, o cátodo e o fluxo de elétrons, a partir da notação científica de uma pilha galvânica e de sua representação esquemática. Na avaliação inicial, constatou-se que uma minoria dos discentes identificou corretamente o ânodo como o pólo negativo e o cátodo como o pólo positivo, embora nenhuma menção tenha sido feita às espécies químicas presentes na equação fornecida.

Após a intervenção pedagógica, observou-se uma evolução significativa nas respostas. Dois discentes elaboraram explicações mais aprofundadas, correlacionando os eletrodos às espécies químicas envolvidas na equação de oxirredução do processo. Ademais, outros discentes demonstraram domínio do conteúdo ao calcular espontaneamente a variação do potencial padrão da célula – dado não solicitado explicitamente na questão –, utilizando as informações disponibilizadas no problema. Essas respostas, compiladas no Quadro 9, ilustram claramente a assimilação dos conceitos.

Quadro 9: Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: “Escreva as semi-reações e a equação global balanceada das reações da célula galvânica: $Cr_{(s)}|Cr^{2+}_{(aq)}||Au^{3+}_{(aq)}|Au_{(s)}$. Identifique e JUSTIFIQUE quem é o cátodo e o ânodo. Desenhe uma pilha, indicando o cátodo, o ânodo e o fluxo de elétrons, utilizando o esquema de pilha mostrada abaixo”.

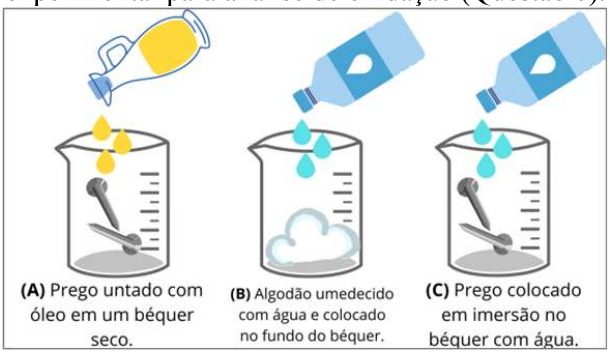
Aluno	Resposta (pré-teste)	Aluno	Resposta (pós-teste)

A1	*"Ânodo- polo negativo da pilha Cátodo- polo positivo da pilha"*	A3	*"$Cr_{(s)} \rightleftharpoons Cr^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ (se oxida, pois tem menor potencial de redução) -> Ânodo. $Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Au_{(s)}$ (se reduz, pois tem maior potencial de redução) -> Cátodo."*
A2	*"Ânodo é a parte negativa e cátodo a positiva".*	A4	*"Eq. Global Balanceada: $3\ Cr_{(s)} + 2\ Au^{3+}_{(aq)} \longrightarrow 3\ Cr^{2+}_{(aq)} + 2\ Au_{(s)}$ $\Delta E^o = E^o_{maior} - E^o_{menor}$ $\Delta E^o = 1,4 - (-0,9)$ $\Delta E^o = 2,3V$"*

Fonte: Autoria própria (2026).

Na Questão 6, objetivou-se identificar, junto aos discentes, qual ou quais dos três experimentos caseiros estavam sujeitos ao processo de oxidação após um período de 72 horas. Os experimentos consistiam em: **(A)** um prego untado com óleo, acondicionado em um béquer seco; **(B)** um algodão umedecido com água no fundo de um béquer; e **(C)** um prego totalmente imerso em água, conforme ilustrado na Figura 63.

Figura 63: Configuração experimental para análise de oxidação (Questão 6).



Fonte: Autoria própria (2026).

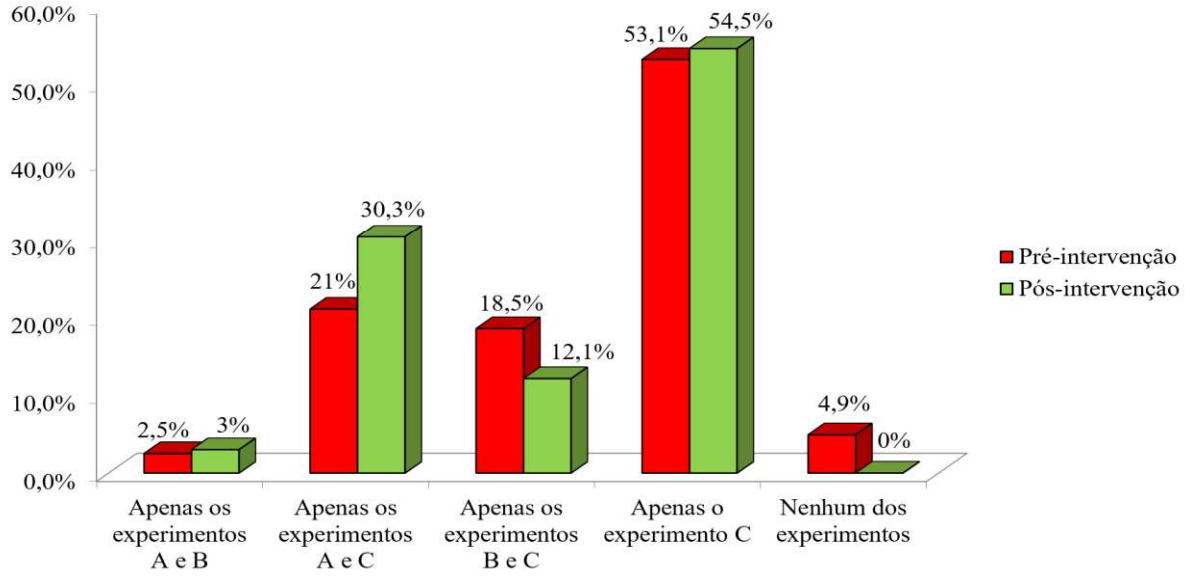
Conforme evidenciado pela Figura 64 (Questão 6), a intervenção didática não promoveu uma alteração significativa na identificação do **Experimento C** como cenário de oxidação. Os índices de acerto passaram de **53,1% no pré-teste** para **54,5% no pós-teste**, indicando um aumento pouco expressivo. Esse resultado sugere a persistência de uma dificuldade conceitual mesmo após a instrução. A manutenção dessa dificuldade pode ser compreendida à luz das experiências práticas vivenciadas pelos discentes durante a montagem da *Pilha de Limão com Moedas*. Nessa atividade, os discentes perceberam que a simples presença de um metal em contato com água não é suficiente para desencadear uma reação eletroquímica significativa. Tornou-se necessário compreender o papel do **eletrólito** (suco de limão) e a importância de utilizar dois metais com potenciais de redução distintos para estabelecer o fluxo de elétrons.

Ao observarem que a pilha não funcionava quando os eletrodos estavam recobertos por óxidos, os discentes internalizaram que a oxidação do ferro exige não apenas o contato com água, mas também a presença de um **meio condutor** e de um **agente oxidante**, como o oxigênio dissolvido. O **Experimento C**, que consiste em um prego imerso em água e exposto ao ar, reúne justamente essas três condições:

- um metal suscetível à oxidação (ferro),
- um agente oxidante (oxigênio),
- e um eletrólito (água com sais dissolvidos).

Essa experiência prática, portanto, oferece um contraponto às concepções alternativas simplistas — como a ideia de que "a água por si só causa ferrugem" — ao demonstrar que a corrosão é um processo eletroquímico complexo, dependente da formação de um circuito completo (uma boa condutividade eletrônica depende de uma boa condutividade iônica) para que ocorra a transferência de elétrons do anodo para catodo em um processo espontâneo.

Figura 64: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Qual(is) do(s) experimento(s) a seguir pode(m) sofrer oxidação após um período de três dias?".



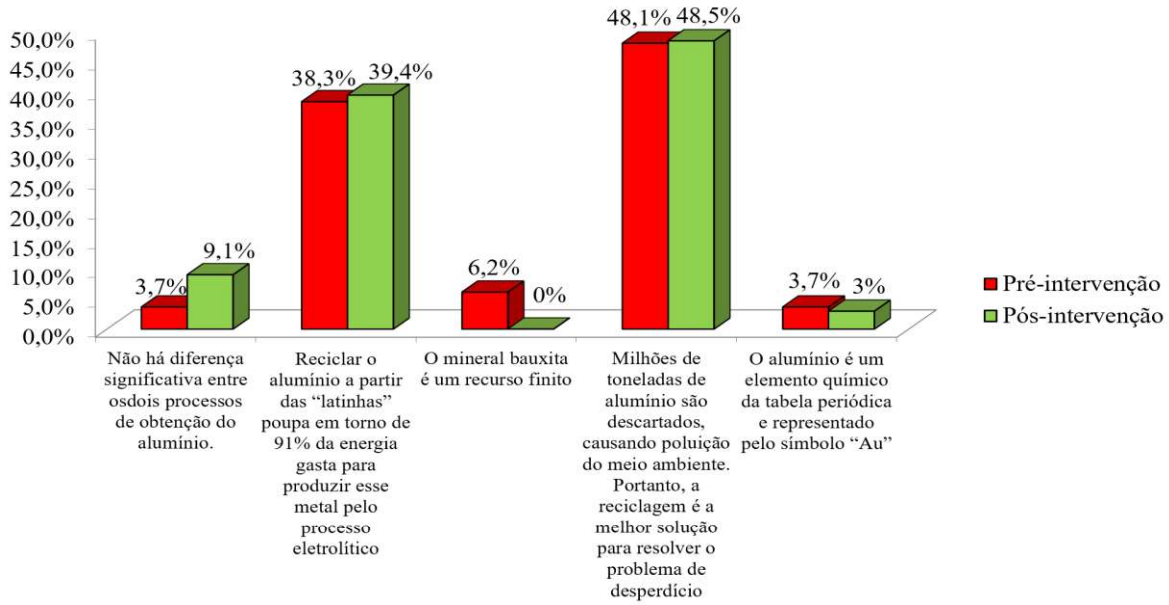
Fonte: Autoria própria (2026).

De acordo com a literatura, concepções alternativas sobre os fatores que governam as reações de oxirredução – em especial, a supervalorização do contato com a água em detrimento da necessidade de um par de oxirredução acoplado e de um meio eletrolítico – são notoriamente resistentes. A simples exposição ao conteúdo, sem um confronto direto e desestabilizador dessas ideias prévias, mostrou-se insuficiente para promover uma reorganização cognitiva robusta. Nesse contexto, estratégias que vão além da exemplificação, como a problematização

explícita dos erros e a utilização de analogias que ilustrem a transferência eletrônica (como a animação da Pilha de Daniell inserida na versão atualizada do aplicativo em 2025), podem favorecer a superação dessas dificuldades.

Em uma análise comparativa dos aspectos energéticos inerentes à produção de alumínio primário, via eletrólise da bauxita (Constantino *et al.*, 2002), e à obtenção do metal secundário por meio da reciclagem de latas (Questão 7), observou-se uma evolução qualitativa na argumentação dos discentes (Figura 65). Na fase pré-intervenção, 48,1% dos respondentes já indicava a reciclagem como a solução mais vantajosa, justificando-a primordialmente pela mitigação da poluição ambiental decorrente do descarte inadequado. Após a intervenção pedagógica, a taxa de preferência pela reciclagem manteve-se estatisticamente estável (48,5%).

Figura 65: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Ao analisar comparativamente a energia consumida para produzir alumínio a partir do mineral bauxita (processo eletrolítico) e a energia gasta para reciclar o metal a partir das "latinhas" descartadas é possível concluir que:"



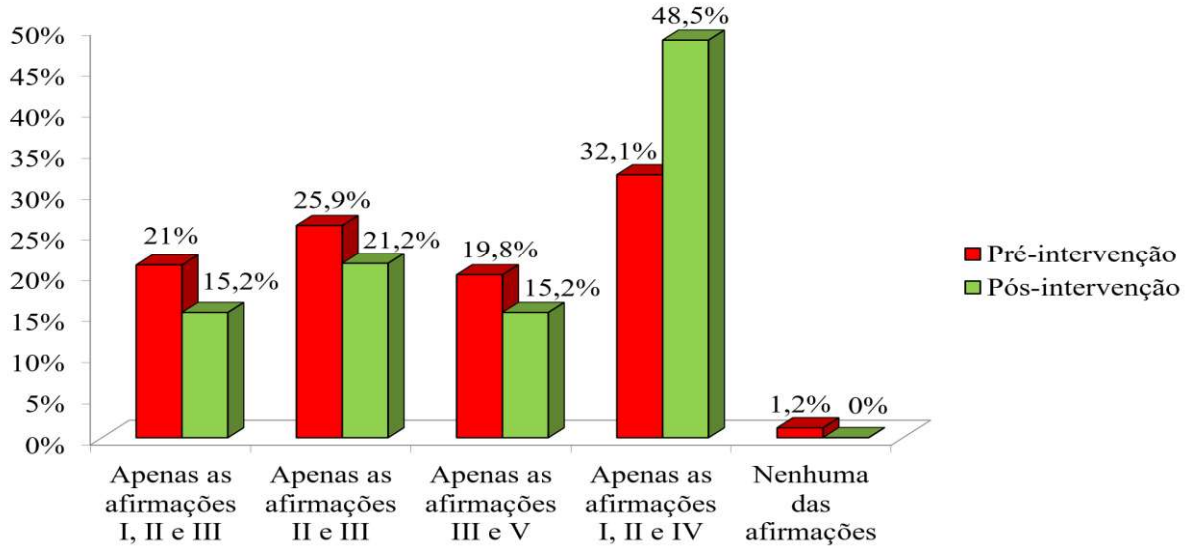
Fonte: Autoria própria (2026).

Contudo, o discurso fundamentou-se em um critério técnico-econômico central, amplamente documentado na literatura: 39,4% dos discentes salientaram que o processo de reciclagem das latas de alumínio (Cardim; Rocha; Santos, 2021) consome até 95% menos energia em comparação com a rota eletrolítica primária. Esta mudança de um argumento puramente ambiental para um de cunho ecoeficiente, que integra a dimensão energética, demonstra uma assimilação do princípio da sustentabilidade (Da Costa, 2021), alinhando-se a estudos que destacam a reciclagem do alumínio não apenas como uma prática de gestão de resíduos, mas como uma estratégia crucial para a conservação de recursos e a redução da pegada de carbono na metalurgia.

Analisando os resultados obtidos na Questão 7 (antes e após a intervenção), é possível perceber um grau adequado de interpretação dos dados apresentados na questão pelos discentes, assim como a percepção ambiental destes quanto aos impactos deletérios da produção do alumínio pelo mineral bauxita (processo eletrolítico). Segundo Brough e Jouhara (2020), a indústria do alumínio além de consumir muita energia durante o processo eletrolítico, também libera uma grande proporção de energia para atmosfera na forma de calor residual, ocasionando severos impactos ambientais devido ao consumo extremo de energia elétrica, emissão de gases poluentes como o dióxido de carbono e a geração de rejeitos da produção de alumínio (popularmente conhecida como *lama vermelha*) que podem causar queimaduras quando em contato com a pele.

Na Questão 8, que abordava a célula galvânica formada entre uma restauração de amálgama e o alumínio (Figura 66), 32,1% dos discentes, no pré-teste, identificaram corretamente o alumínio como o ânodo, o metal que sofre oxidação e atua como agente redutor. A explicação fornecida por esses discentes descrevia que a saliva, atuando como uma ponte salina, permitia o fluxo iônico, completando o circuito e gerando uma corrente elétrica capaz de estimular terminações nervosas e causar dor.

Figura 66: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Curiosidade envolvendo eletroquímica: Por que ao morder acidentalmente uma embalagem metálica como de uma bala com os dentes obturados com amálgama, sentimos uma dor significativa? Avalie as afirmações a seguir e assinale a alternativa correta".



Fonte: Autoria própria (2026).

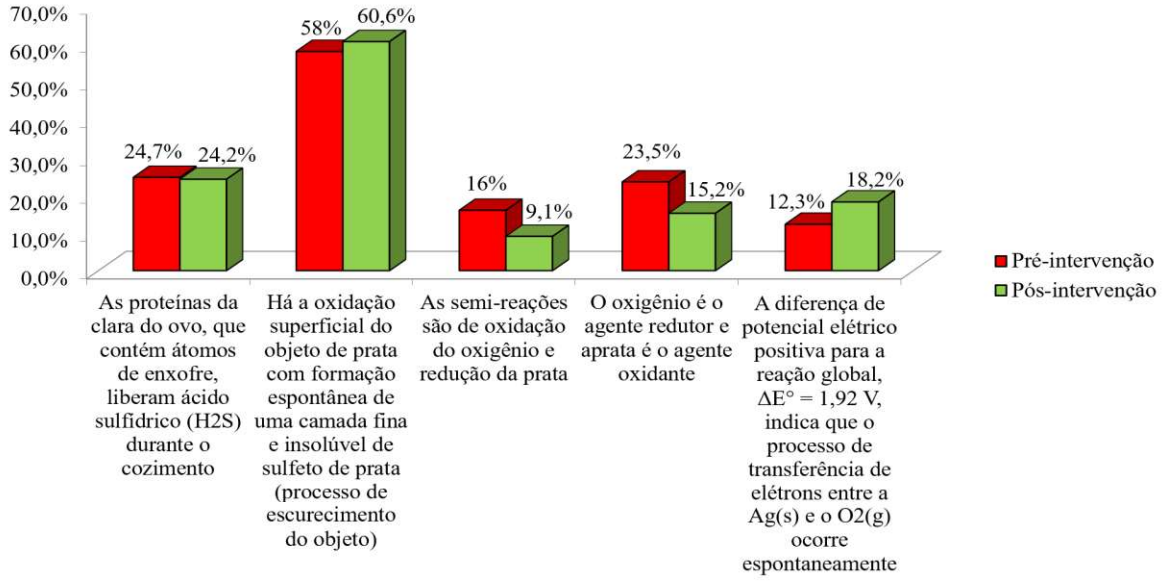
Após a intervenção didática, que incluiu a explanação específica desse fenômeno eletroquímico na terceira aula, observou-se uma consolidação significativa da compreensão. O percentual de respostas corretas elevou-se para 48,5%, com os discentes demonstrando maior domínio conceitual ao descrever o sistema como uma pilha bucal. Esse avanço na aprendizagem

está alinhado com os pressupostos de Ausubel (2000), em que um exemplo concreto e ancorado no cotidiano – facilita a assimilação significativa de novos conceitos.

O impacto pedagógico da exemplificação foi notório, conforme registrado nas observações obtidas nas escolas, pelas expressões de surpresa dos discentes. Esse fato sugere que, para a maioria, o contato com a explicação científica para uma sensação comum – o desconforto causado pelo contato de metais na boca – representou um momento de "*insight*" cognitivo. Ademais, o próprio material da amálgama, uma liga metálica de cor escura (composta por mercúrio, prata, cobre, estanho e zinco), era desconhecido para muitos, que a associam às restaurações contemporâneas de resina ou porcelana. Essa desconexão entre o conceito abstrato (Brandriet; Bretz, 2014) e sua manifestação sensível no cotidiano (Juárez-Gonzáles *et al.*, 2025) pode ter sido um obstáculo inicial superado pela visualização do fenômeno, permitindo que os discentes atribuíssem significado à reação de oxirredução espontânea que ocorre nesse contexto.

A Questão 9 abordou um fenômeno eletroquímico do cotidiano: o escurecimento de um recipiente de prata durante o cozimento de ovos (Figura 67). Tanto no pré-teste (58%), quanto no pós-teste (60,6%), a maioria dos discentes identificou corretamente que o escurecimento do objeto de prata decorre de um processo de oxidação superficial, com a subsequente formação de sulfeto de prata (Ag_2S), um composto insolúvel de coloração escura.

Figura 67: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: "Curiosidade envolvendo eletroquímica: Quando cozinhamos excessivamente os ovos em um recipiente de prata contendo água é possível observar o escurecimento da parte interna do recipiente. Qual(is) fenômeno(s) aparece(m) nesse experimento?".

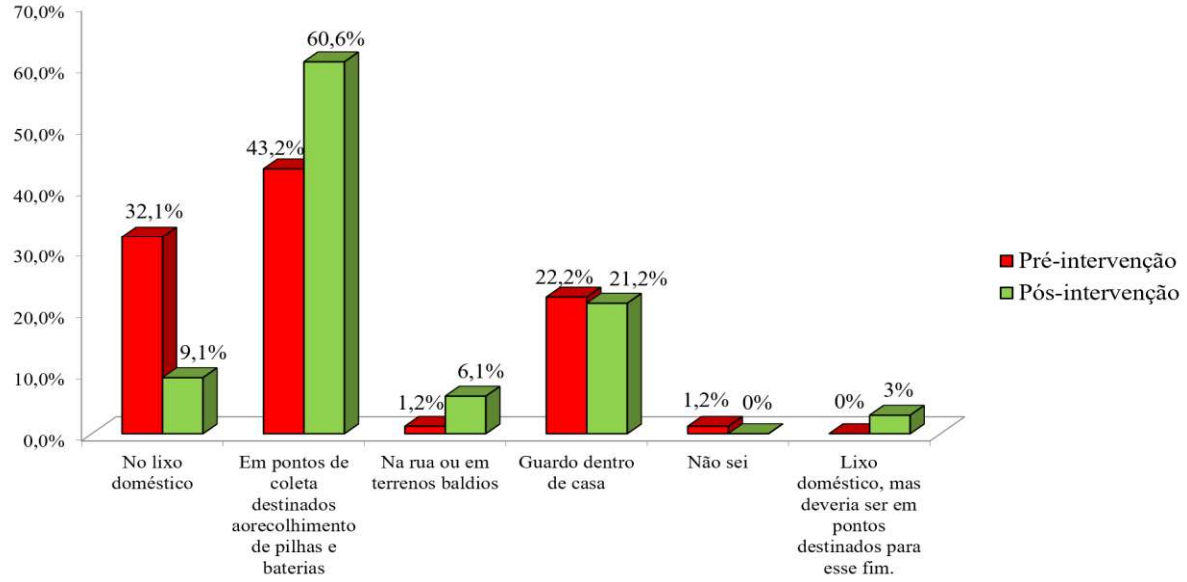


Fonte: Autoria própria (2026).

O fato de o conhecimento discente ter permanecido praticamente inalterado após a intervenção sugere que sua compreensão é fortemente ancorada em experiências extracurriculares. Esse fenômeno de escurecimento é comumente observado em joias e talheres, constituindo um exemplo palpável de corrosão metálica no dia a dia. A reação, que ocorre naturalmente com compostos de enxofre presentes no ar, é drasticamente acelerada pelo aquecimento em presença da albumina do ovo, rica em aminoácidos sulfurados. Nesse contexto, a compreensão dos discentes alinha-se ao conceito de "cultura material" discutido por Castro *et al.* (2012), que evidencia como o conhecimento prático sobre a limpeza de pratarias — frequentemente por métodos abrasivos que removem a camada de Ag_2S — se dissemina e se consolida culturalmente, independentemente da instrução formal em Química.

Quando questionados sobre os aspectos ambientais do descarte de pilhas e baterias (Questão 10), 43,2% dos discentes relataram realizar o descarte em pontos de coleta específicos, enquanto 32,1% o faziam no lixo doméstico. Após a intervenção pedagógica, que destacou os efeitos nocivos da lixiviação de metais pesados no solo e na água para a saúde dos seres vivos, registrou-se uma evolução no comportamento autorrelatado: o índice de respostas favoráveis ao descarte correto elevou-se para 60,6%, e 21,2% passaram a afirmar que armazenam os resíduos em domicílio (Figura 68).

Figura 68: Percentual de respostas (pré e pós-intervenção) quando os discentes foram indagados sobre: “Onde você descarta pilhas e baterias após o seu vencimento?”.



Fonte: Autoria própria (2026).

Essa mudança, particularmente o aumento no armazenamento doméstico, pode ser interpretada como um primeiro passo na conscientização, indicando que os discentes, cientes dos riscos, passaram a evitar o descarte inadequado, mesmo sem ter imediatamente acesso a um

ponto de coleta. Esse cenário reflete diretamente a problemática apontada por Carvalho, Dionízio e Dionízio (2019), para quem a destinação inadequada no lixo comum pela maioria da população brasileira decorre tanto da escassa informação quanto da insuficiência de infraestrutura para o descarte ambientalmente correto. Dessa forma, os dados sugerem que a intervenção foi eficaz em sanar, em parte, a lacuna informacional, motivando uma postura mais cautelosa entre os participantes.

Na análise das respostas da Questão 11, apresentadas no Quadro 10, observa-se uma evolução conceitual por parte de quatro discentes no que se refere aos processos de decomposição de pilhas e baterias no solo e na água, bem como às reações químicas envolvidas. Esse avanço na compreensão dos discentes assemelha-se aos resultados obtidos por Arrigo, Alexandre e Assai (2018), que, em sua investigação, constataram um desconhecimento inicial acerca dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desses materiais — conforme atestado por meio de questionário diagnóstico. No entanto, após a aplicação de uma sequência didática de abordagem contextualizada, os referidos autores identificaram progressos significativos nas respostas dos discentes, as quais passaram a incorporar conceitos científicos adequados e elementos de conscientização ambiental.

Quadro 10: Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: "Verdadeiro ou falso: Pilhas e baterias possuem substâncias que podem provocar anemia, problemas neurológicos e desenvolvimento de alguns tipos de câncer. Justifique sua resposta".

Aluno	Resposta (pré-teste)	Aluno	Resposta (pós-teste)
A5	*"Verdadeiro, O zinco, o chumbo e o manganês são metais encontrados nas pilhas, Se estes metais forem parar na água e entrarem na cadeia alimentar podem causar sérios problemas à saúde, como câncer e danos ao sistema nervoso central".*	A7	*"Verdadeiro, as pilhas e baterias possuem substâncias como mercúrio, cádmio, chumbo, zinco-manganês e alcalino-manganês, que podem ser prejudiciais à saúde e levar à anemia, a problemas neurológicos e ao desenvolvimento de câncer".*
A6	*"Verdadeiro, pois o líquido liberado pela pilha é radioativo".*	A8	*"Verdadeiro, pois quando estão em processo de oxidação ou redução, liberam substâncias".*

Fonte: Autoria própria (2026).

Em relação à polaridade de uma célula galvânica (pilha) e de uma célula eletrolítica (eletrólise), a análise das respostas da Questão 12 revelou que os discentes, antes da intervenção, apresentaram concepções focadas somente nos processos espontâneos de oxirredução (pilhas) (Quadro 11). Entretanto, após a intervenção, a maioria dos discentes apresentaram concepções mais elaboradas sobre a diferenciação dos processos de oxirredução

espontâneos (pilhas) e não espontâneos (eletrólises). É possível que a utilização de recursos digitais (aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano*), combinada com a realização do experimento caseiro da *Pilha de Limão com Moedas* em sala de aula, tenha contribuído para uma assimilação mais consistente desses conceitos. Nesse sentido, Caramel e Pacca (2011) ressaltam que, para promover uma aprendizagem significativa em eletroquímica, é fundamental que o docente elabore estratégias didáticas que superem obstáculos conceituais e, sobretudo, que considerem os conhecimentos prévios dos discentes.

Quadro 11: Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: "Qual é a polarização (sinal do pólo) de um ânodo e de um cátodo em uma pilha galvânica e em uma eletrólise? Explique".

Aluno	Resposta (pré-teste)	Aluno	Resposta (pós-teste)
A9	*"Ânodo: Negativo, Cátodo: Positivo".*	A11	*"Na eletrólise o ânodo é o pólo positivo e o cátodo é o polo negativo. Isso acontece porque o polo negativo da pilha usada para gerar a corrente elétrica fornece elétrons para um dos eletrodos, que se torna negativamente carregado. Já nas pilhas o ânodo é o polo negativo, sofre oxidação porque perde elétrons e é o agente redutor e o cátodo é o polo positivo, sofre redução por ganhar elétrons e é o agente oxidante".*
A10	*"Ânodo: É o pólo negativo, sofre oxidação porque perde elétrons e é o agente redutor. Cátodo: É o pólo positivo, sofre redução por ganhar elétrons e é o agente oxidante".*	A12	*"Nas pilhas, o eletrodo positivo é chamado de cátodo e o negativo é o ânodo. Aqui na eletrólise é o contrário, o ânodo é o pólo positivo e o cátodo é o polo negativo".*

Fonte: Autoria própria (2026).

Na Questão 14 do instrumento avaliativo, investigou-se a compreensão dos discentes acerca da finalidade da ponte salina na célula galvânica (Quadro 12). Antes da intervenção didática, apenas uma minoria dos discentes associou corretamente a função da ponte salina ao processo de difusão iônica entre as soluções dos eletrodos. Após a intervenção, contudo, a maioria dos discentes descreveu a ponte salina como um componente em formato de "U" invertido, contendo uma solução eletrolítica, cuja principal finalidade é permitir o fluxo de cátions em direção à célula com excesso de ânions em solução, e de ânions em direção à célula com excesso de cátions. Dessa forma, os respondentes destacaram que esse mecanismo assegura a manutenção da eletroneutralidade do sistema, permitindo o funcionamento contínuo da pilha. Tais respostas evidenciam a incorporação de conceitos fundamentais relativos aos

processos de oxirredução e à necessidade de reposição de cargas em desequilíbrio entre as semicélulas, mediada pela solução eletrolítica da ponte salina (Sanger; Greenbowe, 1997).

Quadro 12: Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: "Qual a finalidade da ponte salina na pilha? Justifique".

Aluno	Resposta (pré-teste)	Aluno	Resposta (pós-teste)
A13	*"Não sei, conduzir íons?".*	A15	*"A ponte salina permite a migração dos íons entre as soluções dos eletrodos. Os ânions (íons negativos) migram para o ânodo e os cátions (íons positivos) migram para o cátodo, assim, a quantidade de cátions e de ânions na solução de cada eletrodo permanece em equilíbrio, prolongando o funcionamento da pilha.".*
A14	*"A ponte salina permite a migração dos íons entre as soluções dos eletrodos".*	A16	*"A ponte salina é constituída normalmente por um tubo de vidro em formato de U, preenchido com uma solução aquosa concentrada de um sal bastante solúvel; geralmente o cloreto de potássio ($KCl_{(aq)}$). Ela é colocada entre dois eletrodos de uma pilha".*

Fonte: Autoria própria (2026).

A análise da Questão 15 do instrumento, *"Como você determina qual espécie sofreu oxidação e qual sofreu redução?"*, permitiu constatar uma substantiva ampliação no entendimento dos discentes ao longo da sequência didática. No momento inicial (pré-intervenção), a correlação entre a perda de elétrons e o processo de oxidação – assim como o ganho de elétrons e a redução – era reconhecida apenas por uma minoria. Posteriormente à intervenção, conforme apresentado no Quadro 13, as respostas demonstraram um domínio conceitual mais consolidado, transcendendo a mera identificação dos processos. Os discentes passaram a articular, de forma coesa, a relação entre a espécie oxidada e o agente redutor, e a espécie reduzida e o agente oxidante, estendendo a lógica até a associação com a polaridade do ânodo (local da oxidação) e do cátodo (local da redução).

Quadro 13: Respostas dos discentes (pré e pós-intervenção) que mais se destacaram com relação ao questionamento: "Como você determina qual espécie sofreu oxidação e qual espécie sofreu redução?"

Aluno	Resposta (pré-teste)	Aluno	Resposta (pós-teste)

A17	*"Na oxidação a substância irá perder elétrons e na redução a substância irá ganhar elétrons".*	A19	*"A substância que ganha elétron sofre redução e é o agente oxidante. A diminuição do Nox da espécie química indica que ela sofreu redução. A substância que perde elétron sofre oxidação e é o agente redutor. O aumento do nox da espécie química indica que ela sofreu oxidação".*
A18	*"Oxidação pela formação de ferrugem, redução não sei".*	A20	*"A espécie química que sofre o fenômeno da oxidação é denominada de agente redutor, e a espécie que sofre o fenômeno da redução é chamada de agente oxidante".*

Fonte: Autoria própria (2026).

A análise comparativa dos questionários aplicados antes e após a intervenção didática evidencia um aprimoramento geral na compreensão dos discentes das três escolas acerca dos conceitos fundamentais de eletroquímica. Esse progresso se manifestou não apenas na definição mais precisa de oxidação, redução, cátodo, ânodo e polaridade dos eletrodos, mas também em uma conscientização mais ampla sobre os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos eletrônicos, como pilhas e baterias. Ademais, a emergência de elementos científicos e terminologia específica nas respostas dos discentes corrobora a consolidação progressiva da aprendizagem ao longo da sequência didática.

No que tange ao desempenho por grupo, os dados revelam disparidades significativas associadas ao conhecimento prévio discente. Na Escola Privada (EPr), a efetividade da abordagem foi atestada pelo sucesso dos discentes em questões de eletroquímica no ENEM de 2022. De modo análogo, na Escola Pública (EPu), o engajamento substantivo nas atividades pedagógicas – como o *Concurso de Logomarca*, o *Desafio da Eletroquímica*, as questões avaliativas (*Quiz no Moodle*) e a prática da experimentação com a *Pilha de Limão com Moedas* –, culminou em um índice de 50% de acerto nas questões da plataforma, indicando uma assimilação conceitual positiva.

Em contraste, os discentes da Escola do Campo (EC), que não possuíam familiaridade prévia com a Química, manifestaram as maiores dificuldades de aprendizagem. Apesar disso, demonstraram notável interesse e engajamento, evidenciado pela participação ativa no grupo de *WhatsApp*, no *Desafio da Eletroquímica* e no experimento *Pilha de Limão com Moedas*.

Os resultados evidenciam que a **igualdade de acesso** às ferramentas digitais (verificada, por exemplo, na disponibilidade do aplicativo para todas as escolas) não se traduziu automaticamente em **equidade nos resultados de aprendizagem**. Enquanto a Escola Pública, com mediação docente ativa e incentivos pedagógicos, alcançou 50% de acerto no *Quiz no Moodle*, a Escola Privada, embora dotada de infraestrutura superior e conhecimentos sólidos

sobre o tema, apresentou baixa participação (32% no *WhatsApp* e 0% no *Desafio da Eletroquímica*), sugerindo que a ausência dos docentes regentes e a falta de desafios cognitivos adequados comprometeram a efetividade do recurso. Esse fenômeno corrobora a tese de Van Dijk (2020) de que o **acesso material** é apenas a camada mais superficial da divisão digital; a **equidade** demanda, ademais, habilidades de uso, suporte institucional e integração pedagógica intencional. Na Escola do Campo, a precariedade do **acesso** (conectividade instável) foi parcialmente compensada por estratégias adaptativas (projeção em sala e *WhatsApp*), demonstrando que a **equidade digital** se constrói na intersecção entre infraestrutura, criatividade docente e engajamento comunitário – um achado que reforça a necessidade de políticas públicas que vão além da distribuição igualitária de equipamentos.

Esse paradoxo ressalta que, para assegurar a eficácia do processo de ensino e aprendizagem junto a esse público, é imperativo adaptar as estratégias pedagógicas. Tal adaptação deve incluir a apresentação progressiva dos conteúdos, o uso de linguagem acessível e a ênfase em metodologias ativas, em especial aquelas que se valham da aprendizagem móvel.

3.5.4 Conclusão parcial

A implementação da sequência didática com o uso das tecnologias digitais (aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano*) configurou-se como uma estratégia pedagógica promissora para o ensino do tema, promovendo uma evolução conceitual significativa nos discentes. Esse avanço foi constatado por meio da análise dos questionários eletrônicos (pré e pós-intervenção), que evidenciaram progressos consideráveis – embora não estatisticamente significativos – na compreensão de noções fundamentais, tais como a relação entre o balanceamento de reações de oxirredução e a transferência de elétrons, a identificação dos componentes de uma célula eletroquímica e a aplicação dos fenômenos de oxirredução em contextos cotidianos e industriais.

Apesar dos desafios enfrentados nas três escolas, como a instabilidade da *internet* e a redução no número de respondentes no questionário final – fatores que inviabilizaram uma análise comparativa mais robusta –, foi possível observar uma melhoria no desempenho dos discentes, especialmente na capacidade de articular conceitos teóricos com exemplos práticos, como a corrosão de metais, o funcionamento de pilhas e baterias, e os impactos ambientais do descarte inadequado de resíduos eletroquímicos. A abordagem interdisciplinar e o uso de recursos virtuais (aplicativo e *website*) contribuíram para uma aprendizagem mais contextualizada e significativa, conforme ilustrado pela evolução nas respostas sobre a polaridade de eletrodos, a função da ponte salina e a diferenciação entre processos espontâneos

e não espontâneos. Portanto, os resultados indicam que os discentes reinterpretaram conceitos científicos a partir de suas experiências cotidianas, fortalecendo a contextualização como estratégia didática – o que se aproxima da ideia de que "os alunos não são recipientes vazios, mas construtores ativos de significados", reforçando a pertinência da abordagem adotada.

Não obstante os avanços, persistiram obstáculos conceituais notáveis, em especial a dificuldade em articular explicitamente os processos de oxidação e redução à polaridade dos eletrodos (ânodo e cátodo) em células galvânicas. Esta fragilidade sinaliza a necessidade de estratégias didáticas complementares e, potencialmente, de uma maior carga horária dedicada à consolidação dessas relações fundamentais, bem como à plena apropriação das ferramentas digitais disponibilizadas. Ademais, a experiência evidenciou a relevância crítica de customizar as atividades pedagógicas ao perfil discente, considerando sua formação prévia e contexto socioeducativo. Esta necessidade fica evidente ao se contrastar os perfis de engajamento e desempenho entre os três contextos escolares: os discentes da Escola do Campo (EC) mostraram elevada participação em atividades práticas e interativas, embora tenham manifestado as maiores dificuldades de aprendizagem, refletindo sua base conceitual inicial mais frágil, a qual é justificada por estarem ainda no Ensino Fundamental. Na Escola Pública (EPu), observou-se um engajamento substantivo em todo o escopo de atividades, que se correlacionou com uma evolução conceitual mensurável (50% de acerto no *Quiz no Moodle*). Em contrapartida, os discentes da Escola Privada (EPr), que ingressaram no estudo com um repertório prévio mais sólido, exibiram uma participação mais tímida, sugerindo que a intervenção pode não ter representado um desafio significativo ao seu conhecimento de base, ou pela ausência dos docentes regentes durante as aulas da sequência didática.

A sequência didática implementada ampliou o espaço de negociação de significados, aspecto essencial para a construção coletiva do conhecimento em Química. Como afirmam os autores, "o ensino de ciências é essencialmente um processo comunicativo", e os recursos digitais aqui utilizados potencializaram esse processo ao criar oportunidades de diálogo entre discentes, docentes e tecnologia. Sob a perspectiva sociocultural de Vygotsky, o uso das tecnologias digitais funcionou como ferramenta mediadora, ampliando a Zona de Desenvolvimento Proximal dos discentes e possibilitando avanços conceituais que dificilmente ocorreriam sem apoio pedagógico estruturado. Em diálogo com a pedagogia crítica de Paulo Freire, os recursos se configuram como práticas de liberdade, ao transformar os discentes em sujeitos ativos do processo educativo. Como afirma Freire, "ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção ou construção". Nesse sentido, o

aplicativo e o *website* não apenas modernizam o ensino de Química, mas também contribuem para formar sujeitos capazes de compreender, avaliar e transformar a realidade.

Em síntese, este estudo reafirma o potencial das tecnologias digitais (aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano*) como instrumentos pedagógicos capazes de promover uma aprendizagem significativa em eletroquímica. A evolução conceitual observada nos discentes, ainda que limitada por fatores metodológicos, demonstra que a integração de recursos digitais favorece a articulação entre teoria e prática, estimulando a curiosidade e a participação ativa. Apesar dos avanços, persistem desafios conceituais – como a articulação entre oxidação/redução e polaridade dos eletrodos – que demandam maior carga horária e estratégias complementares. Essa constatação reforça a necessidade de um ensino de Química que vá além da transmissão de conteúdos, promovendo problematização, diálogo e contextualização, pilares defendidos por Freire e pela literatura clássica da área.

Portanto, conclui-se que os recursos *Eletroquímica no Cotidiano* não apenas se posicionam como produtos validados, mas também como instrumentos didáticos robustos e emancipatórios. Para futuras pesquisas, recomenda-se a ampliação do tempo de intervenção, a incorporação de mais atividades práticas e simuladas, e a adoção de mecanismos que assegurem a participação dos discentes além do ambiente escolar, consolidando ainda mais a apropriação dos conceitos e fortalecendo o papel das tecnologias digitais como mediadoras do conhecimento científico e da formação crítica dos discentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese de doutorado, ao investigar os impactos do ensino remoto e propor soluções para o ensino de eletroquímica em três realidades educacionais distintas de Itumbiara-GO, demonstrou que a crise pandêmica funcionou como um catalisador que acelerou e tornou visíveis contradições e potencialidades latentes no sistema educacional brasileiro. A jornada de investigação, que partiu de uma revisão crítica do estado da arte, passou pela análise dos contextos de crise, pelo desenvolvimento de tecnologias educacionais e culminou em sua validação empírica, permite afirmar que o caminho para um ensino de ciências mais resiliente, equitativo e eficaz está na convergência entre três pilares fundamentais: a transformação pedagógica, a equidade digital e a robustez institucional.

Em primeiro lugar, a pesquisa confirmou que os desafios no ensino de eletroquímica são históricos e multifacetados, mas perfeitamente superáveis. A eficácia da sequência didática implementada, pautada por metodologias ativas e pelos princípios do *Universal Design for Learning* (UDL) no aprimoramento das funcionalidades do aplicativo educacional, comprovou que é possível transformar conceitos tradicionalmente abstratos em uma narrativa científica envolvente. A evolução conceitual significativa dos discentes, especialmente na articulação entre teoria e aplicações cotidianas, e a mudança de comportamento observada em relação ao descarte de pilhas e baterias, atestam o potencial das estratégias adotadas para promover uma aprendizagem significativa e uma cidadania crítica.

Em segundo lugar, o estudo evidenciou que o potencial transformador da tecnologia é inexoravelmente condicionado pelo contexto socioeducativo. As ferramentas digitais desenvolvidas — o aplicativo *offline Eletroquímica no Cotidiano* e seu *website* complementar — mostraram-se robustas e validadas para mediar a aprendizagem, com seu sucesso atestado pela ampla adoção (acima de 31 mil instalações juntando as duas versões atuais) e pela capacidade de promover equidade. No entanto, os resultados heterogêneos entre a Escola Pública (EPu), a Escola Privada (EPr) e a Escola do Campo (EC) escancararam as desigualdades que persistem. Enquanto a EPu e a EPr colheram os frutos de uma intervenção bem-sucedida, a EC, apesar do alto engajamento em atividades práticas, viu suas dificuldades históricas — como a defasagem curricular e a falta de suporte técnico específico — serem acentuadas, confirmando que a mera disponibilização de tecnologia é insuficiente sem políticas de suporte que considerem as especificidades de cada contexto.

Em terceiro lugar, a análise documental e das experiências revelou que a capacidade de uma instituição educacional responder a crises está intrinsecamente ligada à sua capacidade de

mudança e à resiliência de seu Projeto Político-Pedagógico (PPP). A pandemia não criou, mas sim expôs, fissuras preexistentes. A "gestão por normatização" da EPu, a agilidade da EPr em internalizar a experiência e a invisibilidade da EC perante as diretrizes centralizadas ilustram um espectro de governança que diretamente impactou a qualidade da resposta educacional. O esvaziamento do processo avaliativo, percebido pelos discentes como uma facilitação da aprovação, é um alerta para os riscos de se priorizar a continuidade administrativa em detrimento da qualidade da aprendizagem.

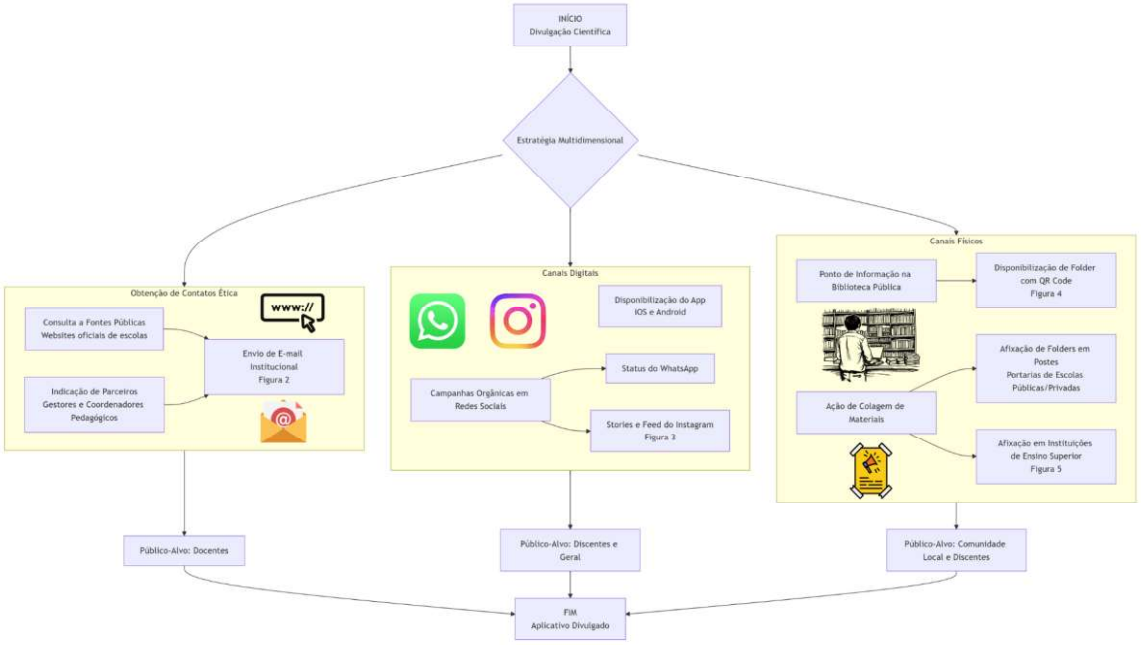
Portanto, as contribuições desta tese são triplas. Do ponto de vista prático, oferece à comunidade educacional dois produtos validados — um aplicativo e um *website* —, de acesso gratuito e uso *offline* (apenas o aplicativo), que se constituem como ferramentas poderosas para o ensino híbrido e presencial de eletroquímica. Do ponto de vista metodológico, demonstra a eficácia de um modelo de desenvolvimento iterativo de tecnologias educacionais, submetido a critérios de avaliação rigorosos como o MAAE, garantindo sua usabilidade e relevância pedagógica. Por fim, do ponto de vista conceitual e político, a pesquisa conclui que o legado da pandemia não pode ser um simples retorno à normalidade. Ele deve ser a imperiosa convocação para a construção de projetos pedagógicos que sejam, intencionalmente, mais dinâmicos (incorporando protocolos de contingência e formação docente continuada), híbridos (integrando as melhores práticas do presencial e do digital de forma crítica) e equitativos (garantindo que a inovação educacional não seja privilégio de poucos, mas um direito de todos, conforme preceitua a Constituição de 1988).

Para pesquisas futuras, recomenda-se a expansão do uso das ferramentas desenvolvidas para outras disciplinas e níveis de ensino, a realização de estudos longitudinais para avaliar a retenção da aprendizagem e a investigação mais aprofundada das barreiras institucionais que impedem a efetiva implementação de inovações pedagógicas. O caminho traçado por este trabalho aponta que, unindo rigor científico, compromisso com a equidade e uma visão estratégica de futuro, é possível transformar o período de crise mais severa da educação recente em um marco para a sua necessária e urgente renovação.

5 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO APLICATIVO *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO*

A estratégia de divulgação do aplicativo foi planejada para atingir o público-alvo principal (discentes e docentes do Ensino Médio) e a população em geral, utilizando múltiplos canais de forma integrada, conforme mostra a Figura 69. As ações foram conduzidas respeitando -se rigorosamente os princípios éticos de privacidade e consentimento.

Figura 69: Fluxograma do processo estratégico de divulgação científica do aplicativo educacional.



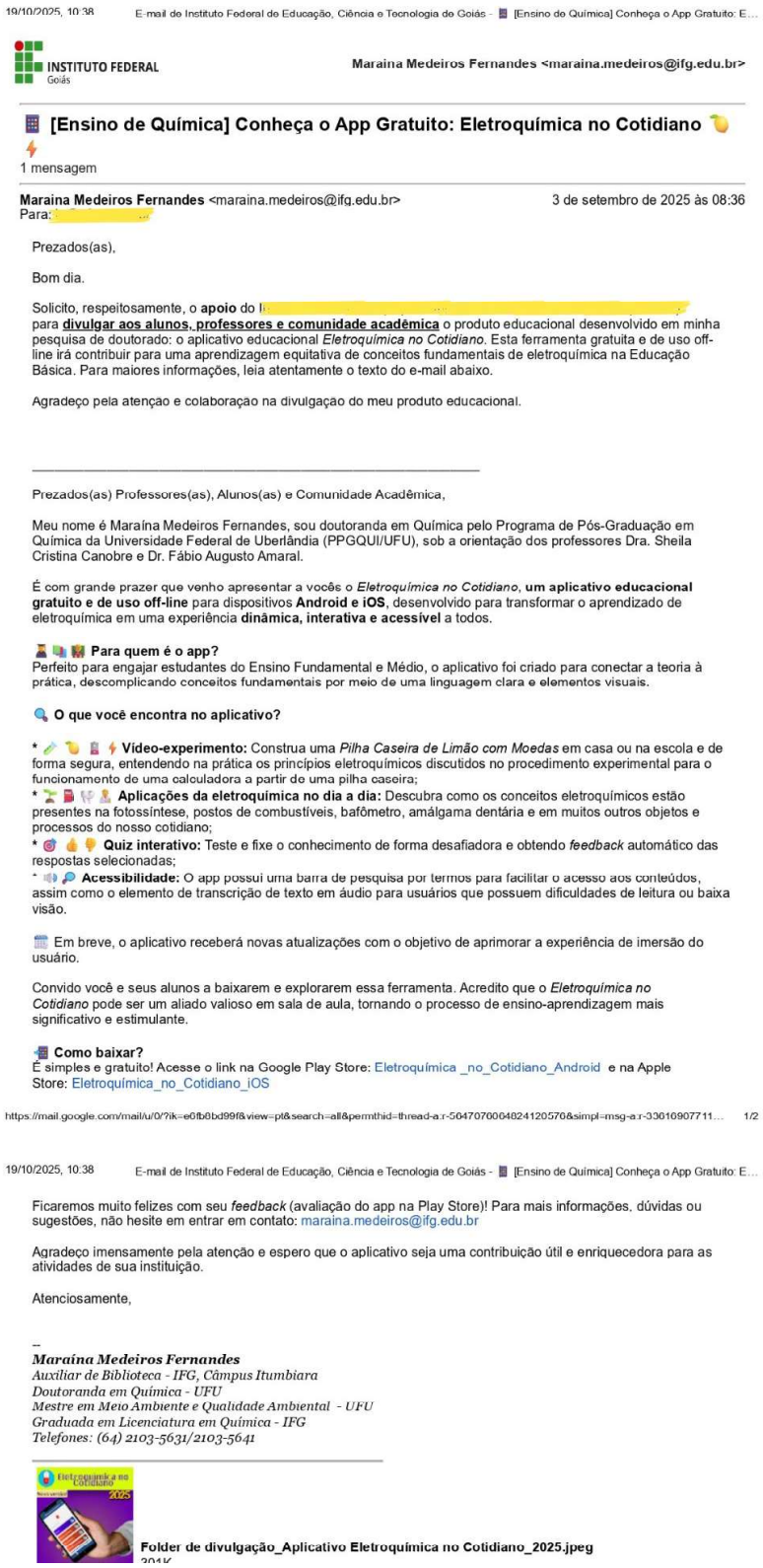
Fonte: Autoria própria (2026).

5.1 CANAL INSTITUCIONAL COM ESCOLAS E DOCENTES

A obtenção dos endereços de correio eletrônico das instituições de ensino e dos respectivos docentes foi conduzida com rigor ético, fundamentando-se exclusivamente em duas fontes legitimadas: a consulta a fontes públicas, mediante a recolha sistemática de informações disponibilizadas nos *websites* oficiais das escolas/instituições de ensino, e as indicações diretas de parceiros institucionais do projeto — designadamente, gestores escolares e coordenadores pedagógicos — que, previamente cientes dos objetivos e dos termos da investigação, consentiram de forma explícita na sua participação. O *e-mail* enviado às instituições de ensino está apresentado na Figura 70. Esta dupla metodologia de prospecção de contatos garantiu, assim, a salvaguarda de padrões éticos elevados, assegurando que em nenhum momento houve partilha ou utilização de dados privados sem o conhecimento e o consentimento prévio dos

titulares, alinhando-se, deste modo, com os princípios de transparência e de proteção de dados que regem a pesquisa acadêmica.

Figura 70: Envio do *e-mail* institucional para escolas/instituições de ensino superior e docentes.



19/10/2025, 10:38 E-mail de Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - [Ensino de Química] Conheça o App Gratuito: E...

INSTITUTO FEDERAL
Goiás

Maraina Medeiros Fernandes <maraina.medeiros@ifg.edu.br>

[Ensino de Química] Conheça o App Gratuito: Eletroquímica no Cotidiano

1 mensagem

Maraina Medeiros Fernandes <maraina.medeiros@ifg.edu.br> 3 de setembro de 2025 às 08:36
Para:

Prezados(as),

Bom dia.

Solicito, respeitosamente, o **apoio** do I
para **divulgar aos alunos, professores e comunidade acadêmica** o produto educacional desenvolvido em minha pesquisa de doutorado: o aplicativo educacional *Eletroquímica no Cotidiano*. Esta ferramenta gratuita e de uso off-line irá contribuir para uma aprendizagem equitativa de conceitos fundamentais de eletroquímica na Educação Básica. Para maiores informações, leia atentamente o texto do e-mail abaixo.

Agradeço pela atenção e colaboraçao na divulgaçao do meu produto educacional.

Prezados(as) Professores(as), Alunos(as) e Comunidade Acadêmica,

Meu nome é Maraína Medeiros Fernandes, sou doutoranda em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia (PPGQUI/UFU), sob a orientação dos professores Dra. Sheila Cristina Canobre e Dr. Fábio Augusto Amaral.

É com grande prazer que venho apresentar a vocês o *Eletroquímica no Cotidiano*, **um aplicativo educacional gratuito e de uso off-line** para dispositivos **Android e iOS**, desenvolvido para transformar o aprendizado de eletroquímica em uma experiência **dinâmica, interativa e acessível** a todos.

Para quem é o app?
Perfeito para engajar estudantes do Ensino Fundamental e Médio, o aplicativo foi criado para conectar a teoria à prática, descomplicando conceitos fundamentais por meio de uma linguagem clara e elementos visuais.

O que você encontra no aplicativo?

* **Vídeo-experimento:** Construa uma *Pilha Caseira de Limão com Moedas* em casa ou na escola e de forma segura, entendendo na prática os princípios eletroquímicos discutidos no procedimento experimental para o funcionamento de uma calculadora a partir de uma pilha caseira;
* **Aplicações da eletroquímica no dia a dia:** Descubra como os conceitos eletroquímicos estão presentes na fotossíntese, postos de combustíveis, bafômetro, amálgama dentária e em muitos outros objetos e processos do nosso cotidiano;
* **Quiz interativo:** Teste e fixe o conhecimento de forma desafiadora e obtendo *feedback* automático das respostas selecionadas;
* **Acessibilidade:** O app possui uma barra de pesquisa por termos para facilitar o acesso aos conteúdos, assim como o elemento de transcrição de texto em áudio para usuários que possuem dificuldades de leitura ou baixa visão.

Em breve, o aplicativo receberá novas atualizações com o objetivo de aprimorar a experiência de imersão do usuário.

Convido você e seus alunos a baixarem e explorarem essa ferramenta. Acredito que o *Eletroquímica no Cotidiano* pode ser um aliado valioso em sala de aula, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais significativo e estimulante.

Como baixar?
É simples e gratuito! Acesse o link na Google Play Store: Eletroquímica _no_Cotidiano_Android e na Apple Store: Eletroquímica_no_Cotidiano_iOS

https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=e0fb0bd99f&view=pt&search=all&permthid=thread-a:r-5647070064824120576&simpl=msg-a:r-33616907711... 1/2

19/10/2025, 10:38 E-mail de Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - [Ensino de Química] Conheça o App Gratuito: E...

Ficaremos muito felizes com seu *feedback* (avaliação do app na Play Store)! Para mais informações, dúvidas ou sugestões, não hesite em entrar em contato: maraina.medeiros@ifg.edu.br

Agradeço imensamente pela atenção e espero que o aplicativo seja uma contribuição útil e enriquecedora para as atividades de sua instituição.

Atenciosamente,

--
Maraína Medeiros Fernandes
Auxiliar de Biblioteca - IFG, Câmpus Itumbiara
Doutoranda em Química - UFU
Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental - UFU
Graduada em Licenciatura em Química - IFG
Telefones: (64) 2103-5631/2103-5641

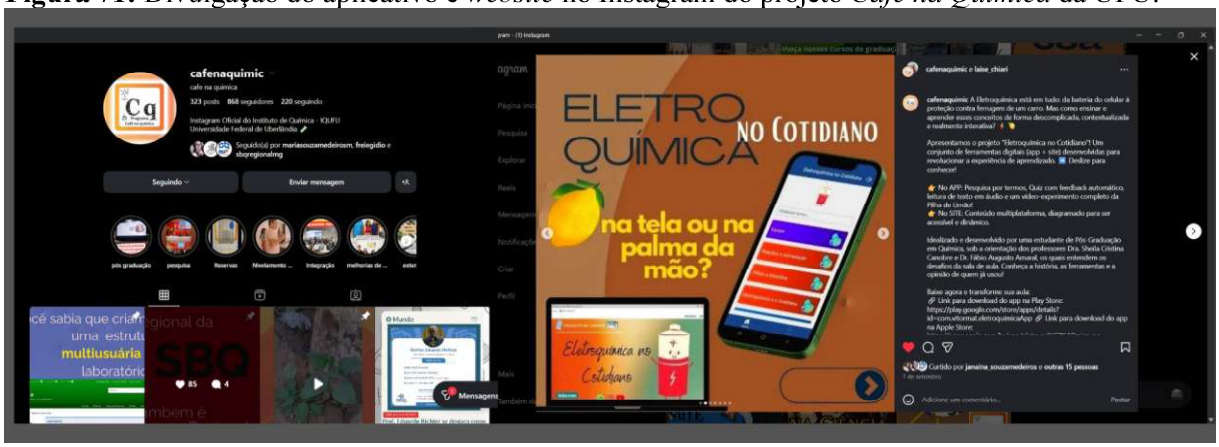
Folder de divulgação_Aplicativo Eletroquímica no Cotidiano_2025.jpeg

Fonte: Autoria própria (2026).

5. 2 ESTRATÉGIA MULTIDIMENSIONAL DE DIVULGAÇÃO DIGITAL E FÍSICA

A operacionalização da divulgação foi conduzida por meio de uma estratégia multidimensional, integrando canais digitais e físicos para maximizar o alcance e engajamento do público-alvo. No âmbito digital, a divulgação foi implementada por meio da disponibilização do aplicativo nas plataformas *iOS* e *Android*, complementada por campanhas orgânicas em redes sociais de alto engajamento. Especificamente, foram utilizados o Status do *WhatsApp*, para disseminação viral em círculos pessoais, e os Stories e feed do Instagram, visando a captação de um público mais amplo e diversificado por meio de conteúdo visual e efêmero. Essa abordagem permitiu uma difusão ágil e segmentada, alinhada às dinâmicas de consumo de informação na esfera digital (Figura 71).

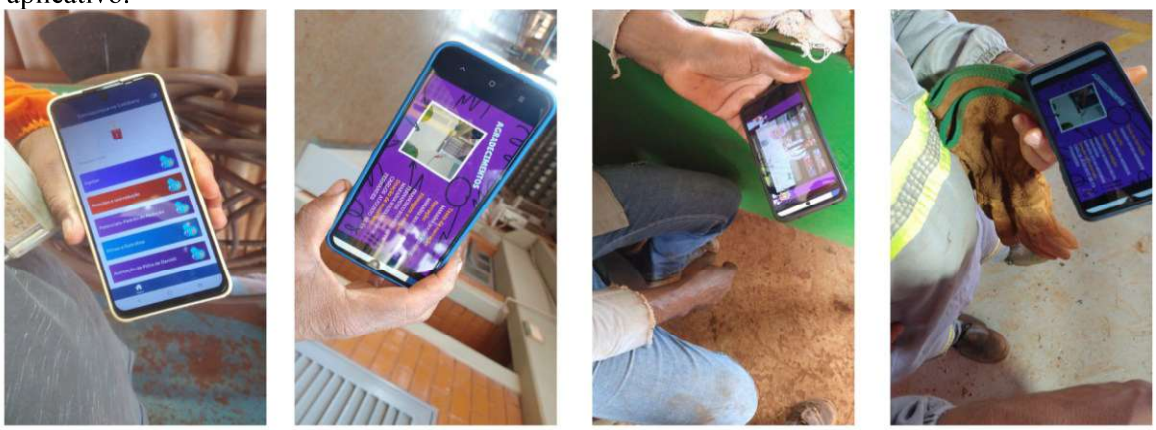
Figura 71: Divulgação do aplicativo e *website* no Instagram do projeto *Café na Química* da UFU.



Fonte: Autoria própria (2026).

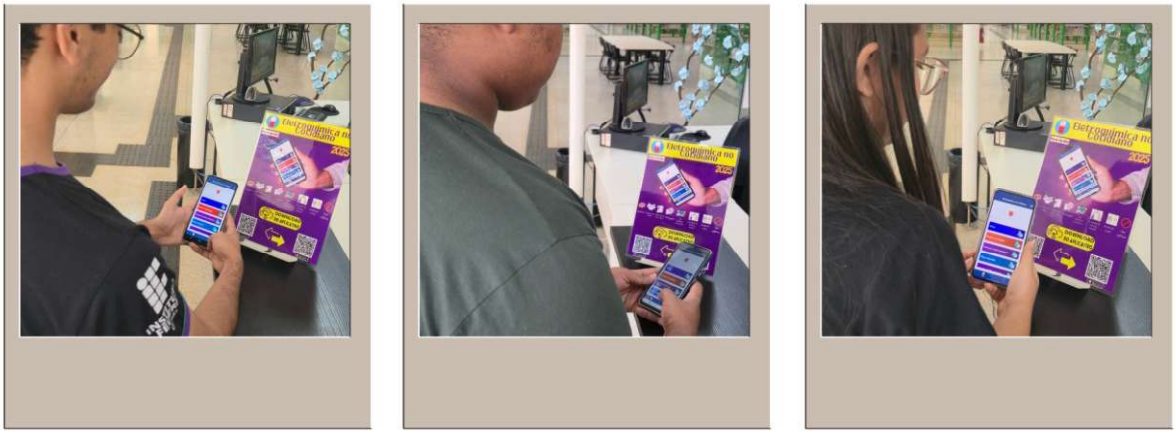
Paralelamente, a estratégia de divulgação física presencial foi instrumental para atingir segmentos populacionais específicos, notadamente a comunidade estudantil e usuários da comunidade em geral, como os funcionários de uma empresa de bioenergia localizada na região sul de Goiás (Figura 72). Um ponto de informação foi estabelecido na bancada de atendimento de uma biblioteca pública, local de atuação profissional da pesquisadora, onde um *folder* de divulgação foi disponibilizado para acesso espontâneo dos discentes, docentes e comunidade externa ao *QR Code* para baixar o aplicativo (Figura 73). Ademais, para potencializar o alcance junto à população em geral e, em particular, aos discentes do Ensino Médio e do nível Superior, realizou-se uma ação de colagem de materiais impressos. Esta ação consistiu na afixação de *folders* em postes localizados nas portarias de escolas—públicas e privadas—dos municípios de Itumbiara-GO, Cachoeira Dourada-GO e Araporã-MG, bem como em Instituições de Ensino Superior da região, conforme documentado visualmente, o que demonstra um potencial estratégico da divulgação na área educacional local (Figura 74).

Figura 72: Funcionários de uma empresa de bioenergia da região sul de Goiás realizando o *download* do aplicativo.



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 73: Criação de um ponto de acesso espontâneo em uma biblioteca pública, com *folder* contendo o *QR Code* para *download*.



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 74: Colagem de *folders* (A) em postes próximos a Instituições de Ensino Superior (B) e a escolas de Ensino Fundamental e Médio (C) na região de Itumbiara.



Fonte: Autoria própria (2026).

6 PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados expostos nesta tese de Doutorado sintetizam os impactos principais da investigação, conduzida no contexto de três instituições de ensino distintas em Itumbiara-GO – uma pública, uma privada e uma do campo. O estudo detalha todas as etapas metodológicas percorridas, bem como a qualidade final dos produtos educacionais desenvolvidos – um aplicativo de uso *offline* e um *website* complementar. Conforme os apontamentos obtidos por meio de instrumentos de validação aplicados aos docentes e discentes das escolas investigadas, implementaram-se aprimoramentos e modificações no aplicativo. Entre essas melhorias, que visam aprofundar a imersão do usuário, destaca-se a publicação de uma versão para o sistema *iOS*. Reconhece-se, contudo, que eventuais sugestões adicionais poderão ser indicadas pela banca examinadora durante a defesa da tese de Doutorado. Diante disso, a presente seção elencará as principais atividades a serem desenvolvidas em pesquisas futuras, com vistas ao contínuo aperfeiçoamento do trabalho.

6.1 APRIMORAMENTO E EXPANSÃO DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS DESENVOLVIDOS

- Aprimorar o aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* de acordo com o *feedback* obtido na validação, com foco no desenvolvimento de atividades para níveis cognitivos mais avançados ("Avaliar" e "Criar");
- Ampliar o escopo dos recursos para outros tópicos complexos da eletroquímica do Ensino Médio e Ensino Superior, seguindo a mesma estrutura de *design* pedagógico (3 Momentos Pedagógicos e *UDL*);
- Desenvolver e validar uma versão do aplicativo totalmente acessível para usuários com deficiência visual, compatível com leitores de tela;
- Por fim, a metodologia *Design Thinking (DT)* pode ser inserida como proposta futura (pós-doutorado) para o aprimoramento do aplicativo e *website Eletroquímica no Cotidiano* por meio da estruturação de um ciclo interativo e colaborativo de (re)*design*, que coloque os discentes e docentes como protagonistas ativos do processo de inovação tecnológica. Em vez de uma atualização técnica unilateral, a proposta consiste em aplicar as fases do *Design Thinking* – imersão, ideação, prototipação e testes – com a participação direta dos usuários finais, utilizando oficinas de cocriação para mapear dificuldades reais de navegação, compreensão conceitual e engajamento sobre a

temática eletroquímica, seguidas da elaboração de protótipos de baixa fidelidade para novas funcionalidades (como simulações interativas personalizáveis, trilhas de aprendizagem adaptativas ou gamificação contextualizada com situações-problema do cotidiano). Essa abordagem, alinhada à perspectiva de Silva-Neto e Leite (2023) e Gutiérrez e Domínguez (2019), não apenas viabiliza uma ferramenta mais intuitiva e alinhada às necessidades pedagógicas contemporâneas, mas também transforma o próprio processo de aprimoramento em um espaço de aprendizagem significativa, no qual os envolvidos refletem sobre sua própria prática, assumem responsabilidade sobre as escolhas de *design* e constroem, coletivamente, soluções que ressignificam o ensino de eletroquímica para além da sala de aula.

6.2 INVESTIGAÇÃO DA APLICABILIDADE EM NOVOS CONTEXTOS

- Investigar a eficácia e as possíveis adaptações necessárias para utilizar a sequência didática e as ferramentas desenvolvidas no Ensino Superior, especialmente em cursos de Licenciatura em Química e disciplinas introdutórias de Química Geral;
- Realizar estudos longitudinais para avaliar a retenção de longo prazo da aprendizagem em eletroquímica mediada pelas tecnologias desenvolvidas;
- Aplicar e validar a intervenção pedagógica em contextos educacionais ainda mais diversificados, como escolas de comunidades indígenas, quilombolas ou em regime de privação de liberdade.

6.3 INTEGRAÇÃO COM POLÍTICAS PÚBLICAS E FORMAÇÃO DOCENTE

- Desenvolver e ministrar cursos de formação inicial e continuada para docentes da Educação Básica, tendo como tema o uso de tecnologias digitais e a sequência didática desenvolvida para o ensino de eletroquímica;
- Sistematizar e divulgar os resultados da pesquisa para subsidiar a criação e o aprimoramento de políticas públicas direcionadas à:
    - Produção e disseminação de recursos educacionais digitais gratuitos e *offline*;
    - Implementação de protocolos de contingência e resiliência nos Projetos Político-Pedagógicos das escolas;
    - Fomento à equidade digital, especialmente para escolas do campo e periféricas.

6.4 EXPLORANDO SINERGIAS E NOVAS TECNOLOGIAS

- Investigar o impacto de abordagens integradas, que combinem o uso do aplicativo/*website* com atividades experimentais práticas ou de baixo custo (como a pilha de limão), para identificar efeitos sinérgicos na motivação e na compreensão conceitual;
- Explorar a incorporação de elementos de gamificação e inteligência artificial adaptativa nas futuras versões das ferramentas, para personalizar a experiência de aprendizagem;
- Investigar as barreiras institucionais e as condições necessárias para a implementação generalizada e eficaz dessas tecnologias em redes públicas de ensino, com o objetivo de superar a lacuna entre a pesquisa educacional e a prática em sala de aula;
- Por fim, a pesquisa evidenciou o potencial didático do uso de materiais alternativos e não-puros, como moedas e pregos galvanizados, para o ensino de eletroquímica. Futuros estudos poderão explorar de forma mais sistemática como a composição química desses materiais e as condições de preparo da superfície dos eletrodos (ex.: lixamento, limpeza química) influenciam os resultados experimentais. A elaboração de guias didáticos que explorem a pilha de limão como um problema investigativo, onde os discentes são desafiados a testar diferentes combinações de metais e eletrólitos, bem como a explicar as discrepâncias entre os valores teóricos e experimentais, pode ser uma estratégia poderosa para o desenvolvimento de habilidades de pensamento científico, como a formulação de hipóteses, a análise de dados e a argumentação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. da S.; MARCELINO, V. de S.; MACHADO, C. B. H. Ensino de química e aplicativos educacionais: elaboração de material didático. **Revista EducaOnline**, v. 14, n. 3, p. 98-114, 2020. ISSN: 1983-2664.

AMÂNCIO, J. V. da S.; SANTOS, E. A. R. dos; SANTOS, E. L. dos; NOGUEIRA, F. A. R. Aprendizagem ativa no ensino de eletroquímica: A prática "Pilha de Sobrevivência". **Sala 8**, v. 1, p. 417-436, 2026. https://doi.org/10.70678/sala8.v1i10.1627

ANDRADE, L. V.; ZIMMER, C. G. Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica. **Quím. Nova Esc.**, v. 43, n. 3, p. 298-304, 2021. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160254

APPENZELLER, S.; MENEZES, F. H.; SANTOS, G. G. D.; PADILHA, R. F.; GRAÇA, H. S.; BRAGANÇA, J. F. Novos tempos, novos desafios: estratégias para equidade de acesso ao ensino remoto emergencial. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 44, p. 1-6, 2020. https://doi.org/10.1590/1981-5271v44.supl.1-20200420

ARAÚJO, M. E. da S.; DIAS, A. K. C.; SANTOS, H. M.; SIMÕES, R. K.; CIRILO, M. P.; SPINOLA, T. P.; ANÍCIO, L. D.; ANDRADE, T. K. P. de; OLIVEIRA, T. M. Eletroquímica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 7, n. 10, p. 1478-1483, out. 2021. https://doi.org/10.51891/rease.v7i10.2675

ARNAUD, A.; FERNANDEZ, C. Dificuldades de aprendizagem de oxirredução e a abordagem do conteúdo em livros didáticos da educação básica brasileira. **Revista Debates em Ensino de Química**, *[S. l.]*, v. 10, n. 1, p. 280-302, 2024. https://doi.org/10.53003/redequim.v10i1.5788.

ARRIGO, V.; ALEXANDRE, M. C. L.; ASSAI, N. D. de S. O ensino de química e a educação ambiental: uma proposta para trabalhar conteúdos de pilhas e baterias. **Experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 5, p. 306-325, 2018.

ATKINS, P. W. **Físico-química:** fundamentos. LTC: Rio de Janeiro, 2011. 493 p. ISBN 978-85-216-1865-2.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento:** Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2000.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge:** A cognitive view. Springer, 2000. 212 p. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9454-7

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento:** Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003. 35 p.

AUSUBEL, D. P.; STAGER, M.; GAITE, A. J. H. Retroactive facilitation in meaningful verbal learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 59, n. 4, p. 250-255, 1968. https://doi.org/10.1037/h0025943

BACICH, L.; MORAN, J. (*Orgs.*). **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** Uma abordagem teórico-prática. Penso, 2018.

BARBOSA JÚNIOR, A. G.; VIANA, M. M. Simulações envolvendo eletroquímica: contribuições para o ensino médio. **Abakos**, v. 9, n. 1, p. 60-82, 2021. https://doi.org/10.5752/P.2316-9451.2021v9n1p60-82

BARBOSA, J. S.; MAROCCHIO, T. C.; CEDRAN, D. P.; CEDRAN, J. da C. Contribuições da temática obsolescência programada para a aprendizagem de eletroquímica. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 9, n. 3, p. 1-22, 2024. https://doi.org/10.3895/actio.v9n3.17259

BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. **Quím. Nova Esc.**, v. 39, n. 1, p. 52-58, 2017. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160060

BEDIN, E. Como ensinar Química? **Revista Diálogo Educacional**, v. 21, n. 69, p. 985-1011, 2021. https://doi.org/10.7213/1981-416X.21.069.AO09

BERDI, D.; MEIRBEKOV, A.; SARBAYEVA, M.; IKRAMOV, I.; BURAYEVA, Z. Integrating information technologies and virtual laboratories for effective school teaching. **J. Chem. Educ.**, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01493

BOLÍVAR, A. Equidade educacional e diversidade: desafios para a escola contemporânea. **Educação & Sociedade**, 2005.

BRANDRIET, A. R.; BRETZ, S. L. The Development of the redox concept inventory as a measure of students' symbolic and particulate redox understandings and confidence. **J. Chem. Educ.**, v. 91, p. 1132-1144, 2014. https://doi.org/10.1021/ed500051n

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica.** Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria n. 343 de 17 de março de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19. **Diário Oficial da União**, Edição 53, Seção 1, p. 39.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 510, de 7 de abril de 2016. Trata sobre as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa em ciências humanas e sociais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 maio de 2016.

BROUGH, D.; JOUHARA, H. The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery. **International Journal of Thermofluids**, v. 1-2, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ijft.2019.100007

CALDART, S. C. Educação do campo: Notas para uma análise de percurso. **Trab. Educ. Saúde**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 35-64, 2009. https://doi.org/10.1590/S1981-77462009000100003

CALIARI, K. V. Z.; ZILBER, M. A.; PEREZ, G. Tecnologias da informação e comunicação como inovação no ensino superior presencial: Uma análise das variáveis que influenciam na sua adoção. **REGE - Revista de Gestão**, v. 24, p. 247-255, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rege.2017.05.003

CAMACHO, A. C. L. F. Ensino remoto em tempos de pandemia da Covid-19: Novas experiências e desafios. **Online Brazilian Journal of Nursing**. (Online), v. 19, n. 4, p. 1-4, 2020. https://doi.org/10.17665/1676-4285.20206475

CAMEL, V.; MAILLARD, M-N.; PIARD, J.; DUMAS, C.; CLADIÈRE, M.; FITOUSSI, G.; BRUN, E.; BILLAUT, I.; SICARD-ROSELLI, C. CHIMACTIV: An Open-access website for student-centered learning in analytical chemistry. **J. Chem. Educ.**, v. 97, p. 2319-2326, 2020. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00023

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. Tradução de R. A. G. de Souza. São Paulo: EPU, 1979.

CARAMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011. https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p7

CARDIM, R. A.; ROCHA, S. A.; SANTOS, W. F. L. A indústria das latas de alumínio como inspiração para a indústria têxtil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 48439-48455, 2021. https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.29770

CARDOSO, M. A. P.; YAMATO, M. A. C.; BATISTA, D. S. Aplicação de projeto empreendedor por meio de metodologias ativas em uma escola técnica estadual de Osasco (ETEC): Um relato de experiência. **Vivências**, v. 19, p. 271-282, 2023. https://doi.org/10.31512/vivencias.v19i38.884

CARNEIRO, Cristiana. O estudo de casos múltiplos: estratégia de pesquisa em psicanálise e educação. **Psicologia USP**, v. 29, n. 2, p. 314-321, 2018. https://doi.org/10.1590/0103-656420170151

CARRASCO, T. S. **Percepções sobre a utilização de vídeos de atividades experimentais no ensino remoto de Química para o Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, 2022. 105 f.

CARVALHO, A. M. P. (*Orgs.*). **Ensino de ciências por investigação.** Cengage Learning: São Paulo, 2013.

CARVALHO, D. de M.; DIONÍZIO, D. P.; DIONÍZIO, T. P. Poluição química proveniente do descarte incorreto de pilhas e baterias. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 04, Ed. 05, v. 04, p. 141-165, Maio 2019. https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/poluicao-quimica

CAST. Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: CAST, 2011.

CASTRO, J.; PALUMBO, M.; PEDROSO, L.; NAKAYAMA, C.; MELO, T.; ESIDIO, L. **O estudo da oxidação e recuperação de objetos de prata:** o desconhecimento geral da população. *In:* 52° Congresso Brasileiro de Química. 2012.

CATANANTE, F.; DANTAS, I. L. de S.; CAMPOS, R. C. Aulas on-line durante a pandemia: Condições de acesso asseguram a participação do aluno? **Revista Científica Educ@ção**, v. 4, n. 8, p. 977-988, 2020. https://doi.org/10.46616/rce.v4i8.122

CHEN, H.; HUANG, Y. The impact of digital learning platforms on student motivation in high school. **Journal of Education, Humanities and Social Sciences**, v. 39, p. 391-395, 2024. https://doi.org/10.54097/fab4wb46

CHIU, W.-K. Implications for the Use of PowerPoint, Classroom Response Systems, Teams, and Whiteboard to Enhance Online Teaching of Chemistry Subjects in Community College. **J. Chem. Educ.**, v. 97, n. 9, p. 3135-3139, 2020. https://doi.org/10.54097/fab4wb46

CHRISTENSEN, P. A.; HAMNETT, A. **Techniques and Mechanisms in Electrochemistry.** Department of Chemistry, BLACKIE ACADEMIC & PROFESSIONAL, 1994. 383 p.

CHURCHES, A. **Taxonomía de bloom para la era digital.** p. 1-13, 2009.

CIPRIANO, J. A.; ALMEIDA, L. C. C. S. **Educação em tempos de pandemia:** Análises e implicações na saúde mental do professor e aluno. *In:* VII Congresso Nacional de Educação (CONEDU), 2020.

CLIMENT-BELLIDO, M. S.; MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, P.; PONTES-PEDRAJAS, A.; POLO, J. Learning in chemistry with virtual laboratories. **J. Chem. Educ.**, v. 80, n. 3, p. 346-352, 2003. https://doi.org/10.1021/ed080p346

CÔGO, S. M. B.; RAINHA, K. P.; TEIXEIRA, A. L.; CASTRO, E. V. R.; FERREIRA, S. A. D. A química do amor: Uma sequência didática para o ensino de química orgânica. **Revista Virtual Química - RVq**, v. 14, n. 5, p. 843-852, 2022. https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220040

CONSTANTINO, V. R. L.; ARAKI, K.; SILVA, D. de O.; DE OLIVEIRA, W. Preparação de compostos de alumínio a partir da bauxita: Considerações sobre alguns aspectos envolvidos em um experimento didático. **Quim. Nova**, v. 25, n. 3, p. 490-498, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000300024

COSTA, T. M. da; MADUREIRA, N. L. V.; SANTOS, G. G.; MOREIRA, P. P. F.; DOS SANTOS, I. V. O Processo de ensino e aprendizagem de química: Percepções e possibilidades diante do ensino remoto. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. 1-11, 2021. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23125

COSTA, W. N. G. Dissertações e teses Multipaper: uma breve revisão bibliográfica. **Anais do Seminário Sul-Mato-Grossense de Pesquisa em Educação Matemática**, v. 8, n. 1, 2014.

CRESWELL, J. W. **Qualitative inquiry and research design:** Choosing among five approaches. 4th ed. Sage, 2018.

CUSTÓDIO, M. M.; TEIXEIRA JUNIOR, J. G. Análise das concepções e das dificuldades dos professores da educação básica sobre o ensino de química durante o ensino emergencial remoto. **SCIAS-Educação, Comunicação e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 64-84, 2022. https://doi.org/10.36704/sciaseducomtec.v4i1.6174

DA COSTA, L. V. **A reciclagem do alumínio:** Caminho para o desenvolvimento sustentável. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), Universidade Federal de Ouro Preto, 2021. 60 f.

DA SILVA, C. C.; FERRI, K. C. F. Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27641-27655, 2020. https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-276

DA SILVA, C. K. M.; SOUZA, G. A. P.; NASCIMENTO, F. G. M. do; SANTOS, A. L. Jogo da velha no ensino da eletroquímica: um relato de experiência. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 1, p. 256-273, 2021. https://doi.org/10.29327/269504.3.1-23

DA SILVA, D. F.; FIRME, R. do N. Análise de paródias sobre eletroquímica, de autoria de estudantes, como estratégia didática no ensino de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n. 4, p. 1898-1915, 2021. https://doi.org/10.29327/269504.3.4-27

DA SILVA, E. C. C.; BARBOSA, A. C.; FORTES, A. Z. de S.; RIBEIRO, D. C.; AVELINO, L. M.; DE SOUSA, M. S.; SOUZA, S. S.; SENA, Y. W. B. Uma experiência da prática pedagógica em química por meio da experimentação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 61648-61666, 2021. https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-510

DA SILVA, I. M. A.; GORDIANO, M. A. de O.; MARTINS, E. M. A. dos S. O uso das tecnologias digitais em escolas do campo: Um olhar sobre a práxis pedagógica na atualidade. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 63, p. 59-66, 2022. https://doi.org/10.13102/sitientibus.vi63.9136

DA SILVA JUNIOR, J. N.; TEOTÔNIO, M. do S. C.; RIBEIRO, M. E. N. P.; MACIEL, J. da S.; HOLANDA, A. K. M.; PINHEIRO, F. G. C.; ALEXANDRE, M. C. de O.; DE OLIVEIRA, D. S.; LEITE JUNIOR, A. J. M. Gamifying a general chemistry laboratory course as a strategy to improve the students' motivation. **J. Chem. Educ.**, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00845

DA SILVA, W. F.; GARIZADO, J. A. S.; SCARPARI, M. C.; LIECHESKI, A.; SALGADO, J. R. C. Do ensino da eletroquímica à responsabilidade ambiental: Descarte consciente de pilhas e baterias para um futuro sustentável. **Quím. Nova Esc.**, v. 47, n. 3, p. 215-223, 2025. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160439

DE FARIAS, G. B. Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 58-76, 2022. https://doi.org/10.1590/1981-5344/39999

DE JESUS, A. S. L.; RIOS, E. C.; KASSEBOEHMER, A. C.; ANTUNES, E. P. Microscópio usb de baixo custo no laboratório didático de eletroquímica: Dois experimentos clássicos sob um novo (micro) olhar. **Quim. Nova**, v. 48, n. 2, e-20250073, p. 1-6, 2025. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20250073

DE JESUS, C. F. A.; NUNES, J. J. S. Desenvolvimento de um jogo de RPG eletrônico: Uma proposta didática para o ensino de eletroquímica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 40, p. 123-136, 2022. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2022B10

DE JESUS, R. C.; MATSUMOTO, F. M. Possibilidades das TIC na eletroquímica, exploração dos níveis representacionais do conhecimento químico. **RITECiMa**, v. 2, p. 15-44, 2022.

DE LIMA, K. P. de O. C.; BROIETTI, F. C. D.; DE LIMA, J. P. C. As dimensões da aprendizagem científica em aulas remotas de química utilizando vídeos de experimentos

científicos. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v. 6, n. 3, p. 401-427, 2022. https://doi.org/10.48075/ReBECEM.2.v.6.n.3.29307

DE OLIVEIRA, L. D. B.; SILVA, L. A.; ROCHA, S. F. L. Da S.; DE OLIVEIRA, I. R. W. Z.; ROCHA JÚNIOR, J. G.; BARRA, C. M. Propostas de metodologias ativas incentivadoras da argumentação científica para o ensino remoto de química. **Quim. Nova Esc.**, p. 1-9, 2025. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160442

DE OLIVEIRA, V. S.; LEITE, B. S. Modelo de avaliação de aplicativos educacionais: avaliando aplicativos de química orgânica da *Google Play*®. **Quim. Nova**, v. 47, n. 8, p. 1-8, 2024. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20240032

DE SOUSA, F. M. A. **Química na prática:** Desenvolvimento de um site voltado para o ensino de Química. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Instituto Federal da Paraíba, Sousa-PB. 2022, 52 f.

DE SOUSA, M. P. M.; PEREIRA, I. M.; FERREIRA, J. C.; CUNHA, F. S. R.; CARDOSO, F. M. C. B. Aprendizagem significativa proposta por David Ausubel e sua contribuição na EPT. **Scielo preprints**, 2025. https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.12096

DE SOUZA, F. M. F.; OLIVEIRA, E. A. dos S.; NOGUEIRA, K. S. C. *[CheMaestry]*: um aplicativo *Android* de suporte aos estudantes do ensino médio com foco em eletroquímica. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, n. 6, p. 221-237, 2023. https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n6.13516

DE SOUZA, L. D.; SILVA, B. V.; ARAÚJO NETO, W. N.; REZENDE, M. J. C. Tecnologias digitais no ensino de química: Uma breve revisão das categorias e ferramentas disponíveis. **Revista Virtual de Química - RVq**, v. 13, n. 3, p. 713-746, 2021. https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210041

DELAMUTA, B. H.; COELHO NETO, J.; SANCHEZ JÚNIOR, S. L.; ASSAI, N. D. de S. O uso de aplicativos para o ensino de Química: Uma revisão sistemática de literatura. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 7, p. 1-15, 2021. https://doi.org/10.31417/educitec.v7.1456

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências:** Fundamentos e métodos. Cortez: São Paulo, 2002.

DEWEY, J. **Experiência e educação.** 1ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2023. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 04 out. 2025.

DINIZ, B. P.; SILVA, L. A.; ALVES, V. A. Experimentação no ensino de células galvânicas utilizando o método jigsaw. **Revista Virtual de Química - RVq**, v. 12, n. 6, p. 1559-1574, 2020. https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200120

DIONÍZIO, T. P.; SILVA, F. P. da; DIONÍZIO, D. P.; CARVALHO, D. de M. O uso de tecnologias da informação e comunicação como ferramenta educacional aliada ao ensino de química. **EaD em Foco**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2019. https://doi.org/10.18264/eadf.v9i1.809

DOMINGUES, C. A. P.; CINTRA, E. P. O que mostram os estudos sobre os conteúdos presentes nos livros didáticos para o ensino de pilhas?. **REAMEC - Rede Amazônica de**

Educação em Ciências e Matemática, Cuiabá, v. 11, n. 1, p. e23043, 2023. https://doi.org/10.26571/reamec.v11i1.14961

DOS SANTOS, C. M.; BORTOLUZZI; V. I.; GHISLENI, T. S. Os desafios do ensino remoto nas redes públicas de ensino. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. 1-8, 2022. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28998

DOS SANTOS, F. J. M.; DA COSTA, M. B. Jogo interativo de eletroquímica: Uma estratégia socioeducacional e de aprendizagem colaborativa. **Revista Docentes**, *[S. l.]*, v. 6, n. 14, p. 11-20, 2021.

DOS SANTOS, V. S. **O estudo da eletroquímica para alunos do ensino médio da escola pública Raimundo Nonato Ribeiro do município de Trairi-CE.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. **Construindo conhecimento científico na sala de aula.** Porto Alegre: Artmed, 1999.

ERNICA, M.; RODRIGUES, E. C.; SOARES, J. F. Desigualdades educacionais no Brasil contemporâneo: Definição, medida e resultados. **Dados**, v. 68, n. 1, p. 1-44, 2024. https://doi.org/10.1590/dados.2025.68.1.345

ESTEVÃO, I. C. A. **WebQui:** uma plataforma virtual para ensinar química de forma interativa, dinâmica e visual. 106 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. 2019.

FEITOSA, M. C.; MOURA, P. de S. **Ensino remoto:** O que pensam os alunos e professores?. *In:* Anais Do V Congresso Sobre Tecnologias Na Educação. SBC, 2020. p. 60-68. https://doi.org/10.5753/ctrle.2020.11383

FÉLIX, A. W. V.; YAMAGUCHI, K. K. de L.; PESSOA JÚNIOR, E. S. F. O ensino remoto nas aulas de Química durante a Covid-19 na percepção dos alunos do Ensino Médio de Tefé/AM. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. 1-23, 2024. https://doi.org/10.55892/jrg.v7i14.1086

FERNANDES, A. C.; GATTOLIN, S. R. B. Aprendendo a desaprender, e então a reaprender: uma reflexão sobre a formação de professores no contexto da pandemia da COVID-19. **Rev. Bras. Linguíst. Apl.**, v. 21, n. 2, p. 521-546, 2021. https://doi.org/10.1590/1984-6398202117277

FERNANDES, M. M.; GOULART, S. M.; AMARAL, F. A.; CANOBRE, S. C. Electrochemistry in Everyday Life: Evaluation of a Learning Sequence Supported by Digital Tools in Diverse Educational Contexts. **J. Chem. Educ.**, 2026. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00662

FERRAZ FILHA, Z. S.; DE OLIVEIRA, R.; FONSECA, V. L. B. Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no YouTube–estudo de caso no IFMG-Campus Ouro Preto. **Quím. Nova Esc.**, v. 43, n. 2, p. 190-200, 2021. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160249

FERREIRA, A. da S.; GONÇALVES, A. M.; SALGADO, J. T. S. Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica no ensino médio. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, p. 1707-1720, 2021. https://doi.org/10.29327/269504.3.4-13

FEU, A. M. A.; WELSING, G. L.; DA SILVA, A. L. S.; LUZ, P. P.; DE MOURA, P. R. G. Teaching soil chemistry through problematized experimental activity: Determination of acidity, exchangeable aluminum, and available phosphorus in soils. **J. Chem. Educ.**, v. 102, p. 4338-4348, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00027

FINKELSTEIN, N. D.; ADAMS, W. K.; KELLER, C. J.; KOHL, P. B.; PERKINS, K. K.; PODOLEFSKY, N. S.; REID, S. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS - PHYSICS EDUCATION RESEARCH**, v. 1, p. 1-8, 2005. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103

FIORI, R.; GOI, M. E. J. O ensino de química na plataforma digital em tempos de coronavírus. **Revista Thema**, v. 18, p. 218-242, 2020. https://doi.org/10.15536/thema.V18.Especial.2020.218-242.1807

FONSECA, C. S. C.; ZACARIAS, M.; FIGUEIREDO, M. MILAGE LEARN+: A mobile learning app to aid the students in the study of organic chemistry. **J. Chem. Educ.**, v. 98, p. 1017-1023, 2021. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01313

FONSECA, G. C. da; SILVA, J. V. F. dos S.; ARANTES, A. L. M.; LIMA, I. F.; ALMEIDA, V. H. C.; PANIAGO, R. N. As vozes de alunos do ensino médio acerca do ensino remoto emergencial: Possibilidades e desafios na aprendizagem. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, e32210817436, 2021. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17436

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, E. Aprendizagem colaborativa e taxonomia de bloom uma possibilidade de integração na prática. **Revista Tópicos**, v. 3, n. 24, 2025. https://doi.org/10.5281/zenodo.16897657

FULLAN, M. **The new meaning of educational change.** 5th ed. Teachers College Press, 2015.

FURTADO, M. D.; SCHWENGBER, H. T.; DA ROSA, W. L. De O.; DA SILVA, A. F. Um guia para ensino remoto: do conceito às dicas técnicas. **SCIAS Edu., Com., Tec.**, v. 3, p. 6-27, 2022. https://doi.org/10.36704/sciaseducomtec.v3i2.6061

GALVAN, D.; HOFFMANN, D. da S. **Uso de um *website* para a aprendizagem da química orgânica no ensino médio.** 2012. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.

GARCIA, T. C. M.; MORAIS, I. R. D.; ZAROS, L. G.; RÊGO, M. C. F. D. **Ensino remoto emergencial:** Proposta de *design* para organização de aulas. SEDIS/UFRN: Natal, 2020. 18 p.

GAUDÊNCIO, J. da S. Ensino de Química na era digital: Inovações tecnológicas que redefinem a sala de aula. **Rev. FAEEBA – Ed. e Contemp.**, Salvador, v. 34, n. 78, p. 168-190, abr./jun. 2025. https://doi.org/10.21879/faeeba2358-0194.2025.v34.n78.p168-190

GIFFONI, J. de S.; BARROSO, M. C. da S.; SAMPAIO, C. de G. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. **Research, Society and Development**, *[S. l.]*, v. 9, n. 6, p. e13963416, 2020. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3416

GIL, A. C. **Estudo de caso:** Fundamentação científica - subsídios para coleta e análise de dados - como redigir o relatório. Atlas: São Paulo, 2009. 148 p.

GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de. **Formação de professores de ciências:** tendências e inovações. São Paulo: Cortez, 1993.

GOMES, A. D. da S. O uso de *software* de simulação no ensino da eletroquímica na Química do Ensino Médio. **Revista Docentes**, v. 4, n. 8, p. 43-52, 2019.

GOMES, D. da C. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino aprendizagem de oxirredução**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Manaus, 2020.

GOMES, L. M. de J. B.; DIONYSIO, L. G. M.; MESSEDER, J. C. Análise de rótulos de produtos domissanitários como forma de discutir a química no cotidiano dos estudantes. **Educ. quím.**, v. 26, n. 1, p. 21-25, 2015. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(15)72094-X

GOMES NETO, J. M. W.; ALBUQUERQUE, R. B. de; SILVA, R. F. da. **Estudos de caso:** Manual para a pesquisa empírica qualitativa. 1. ed. Petrópolis: Vozes, 2024. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 09 out. 2025.

GONÇALVES, L. P. da S.; GOMES, A. T. P.; LIMA, G. M. Vivências do projeto de ensino: O aprendizado da química utilizando-se objetos virtuais de aprendizagem. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 1, n. 1, p. 111-124, 2023.

GORSKI, P. Education equity and the digital divide. **AACE Review (Formerly AACE Journal)**, v. 13, n. 1, p. 3-45, 2005.

GRAHALL, H. C.; FERNANDEZ, C.; NOGUEIRA, K. S. C. Um estado da arte sobre reações redox no contexto do ensino de química no Brasil. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 3, p. 971-995, 2021. https://doi.org/10.29327/269504.3.3-2

GRANDO, J. W.; CLEOPHAS, M. das G. Aprendizagem móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada. **Quím. Nova Esc.**, v. 43, n. 2, p. 148-154, 2021. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160236

GUAITA, R. I.; GONÇALVES, F. P. Experimentação articulada às tecnologias digitais de informação e comunicação: Problematizações de conhecimentos na formação de professores de Química. **Quim. Nova**, v. 45, n. 4, p. 474-483, 2022. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170859

GUIMARÃES, U. A.; DA SILVA, V. P.; BARROS, R. M. de O.; PACHECO, J. R. As Tecnologias digitais de informação e comunicação no contexto da educação básica.

RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, v. 3, n. 11, p. 1-9, 2022. https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2269

GUTIÉRREZ, M. M.; DOMÍNGUEZ, S. C. El design thinking como recurso y metodología para la alfabetización visual y el aprendizaje en preescolares de escuelas multigrado de México. **Vivat Academia: revista de comunicación**, Madrid, n. 146 p. 71-95, 2019. https://doi.org/10.15178/va.2019.146.71-95

HAMNELL-PAMMENT, Y. The role of scientific language use and achievement level in student sensemaking. **International Journal of Science and Mathematics Education**, p. 1-27, 2023. https://doi.org/10.1007/s10763-023-10405-7

HASSAN, J. U.; SAAD MISSEN, M. M.; FIRDOUS, A.; MAHAM, A.; IKRAM, A. An adaptive m-learning usability model for facilitating m-learning for slow learners. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, v. 17, n. 19, p. 41-56, 2023. https://doi.org/10.3991/ijim.v17i19.42153

HASSENZAHL, M. The thing and i: Understanding the relationship between user and product. In Funology 2: from usability to enjoyment (pp. 301-313). **Cham: Springer International Publishing**. 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68213-6_19

HAWKINS, I.; PHELPS, A. J. Virtual laboratory vs. traditional laboratory: which is more effective for teaching electrochemistry?. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 14, p. 516-523, 2013. https://doi.org/10.1039/C3RP00070B

HERARTH, H. H. **Aprendizagem baseada em problemas.** 1ª. ed. São Paulo: Contentus, 2020. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 08 jul. 2026.

HODGES, C. MOORE, S.; LOCKEE, B.; TRUST, T.; BOND, A. The difference between emergency remote teaching and online learning. **Educause Review**, 2020.

HOLMES-GENTLE, I.; SAVANT, S. A.; VALENZA, R.; HAUSSENER, S. Introducing PEM electrolysis with a transparent electrolyzer for hands-on electrochemistry education. **J. Chem. Educ.**, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00647

HORTA, O. de O.; ROCHA, R. S. O uso das tecnologias digitais nos espaços formativos: Uma análise documental no currículo pedagógico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e521111436587, 2022. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36587

JANDRIĆ, P. *et al*. Teaching in the age of covid-19. **Postdigital Science and Education**, v. 2, n. 3, p. 1069-1230, 2020. https://doi.org/10.1007/s42438-020-00169-6

JENKINS, R., *et al*. Digital divide in underserved communities: Barriers to E-Learning adoption. **International Journal of Educational Technology**, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2019.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: Logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000. https://doi.org/10.1039/A9RP90001B

JUÁREZ-GONZÁLEZ, P.; CANO-IGLESIAS, M. J.; CEBRIÁN-ROBLES, D.; FRANCO-MARISCAL, A. J. Elemental Home: A video game to explore chemistry in everyday life. **J. Chem. Educ.**, v. 102, p. 3716-3724, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00168

KANDAHARI, E.; SMITH, E. J.; GOELTZ, J. C. Beyond the textbook: Introducing undergraduates to practical electrochemistry. **J. Chem. Educ.**, v. 98, p. 3263-3268, 2021. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00155

KANG, L-J.; NAUDE, A.; ROCHA, A.; BORNMAN, J.; ALVES, I.; MAXWELL, G. R.; MORETTI, M.; PROYER, M.; SHI, L.; ZAHND, R. An international systematic review of the ICF in education: Cross-Language comparisons from Chinese, German, Italian, and Portuguese publications. **Front. Educ.**, v. 10, p. 1-19, 2025. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1526194

KARPUDEWAN, M.; HURI, N. H. D. Interdisciplinary electrochemistry STEM-lab activities replacing the single disciplinary electrochemistry curriculum for Secondary Schools. **J. Chem. Educ.**, v. 100, p. 998-1010, 2023. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00469

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias:** O novo ritmo da informação. 8ª ed. Papirus, 2007.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias:** O novo ritmo da informação. 8ª ed. Campinas: Papirus, 2015.

KOTZ, J. C. **Química geral 2 e reações químicas.** Autor secundário Gabriela C. Weaver, Paul M. Treichel. v. 2. São Paulo: Thomson, 2009. 473 p. ISBN 85-221-0462-x.

KRUSHINSKI, L. E.; CLARKE, T. B.; DICK, J. E. A Hands-On Approach to Understanding Electrochemistry for Middle and High School Students. **J. Chem. Educ.**, v. 101, p. 687-692, 2024. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00939

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

LEITE, L. R.; VERDE, A. P. dos S. R.; DE OLIVEIRA, F. das C. R.; NUNES, J. B. C. Abordagem mista em teses de um programa de pós-graduação em educação: análise à luz de Creswell. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 47, e243789, 2021. https://doi.org/10.1590/s1678-4634202147243789

LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Abordagem interdisciplinar nos capítulos de equilíbrio químico e eletroquímica em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2008/2012/2015/2018. **Revista Virtual de Química - RVq**, v. 14, n. 5, p. 798-813, 2022. https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220034

LIBÂNEO, J. C. **Organização e gestão da escola:** Teoria e prática. 6ª ed. Goiânia: Editora Alternativa, 2020.

LIMA JUNIOR, E. B.; DE OLIVEIRA, G. S.; DOS SANTOS, A. C. O.; SCHNEKENBERG, G. F. (2021). Análise documental como percurso metodológico na pesquisa qualitativa. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 44, 2021.

LIMA, L. M. do N.; DA SILVA, E. F.; ALENCAR, W. A. M. O ensino de eletroquímica no ensino médio por investigação: Uma abordagem à luz da aprendizagem cooperativa. **Revista Foco**, v. 16, n. 11, p. 01-17, 2023. https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n11-145

LIMA, M. de M. Perfil estudantil e estratégias metodológicas no ensino de química geral: Um estudo de caso em um centro de ensino estadual no interior do Maranhão. Revista Tópicos, v. 2, n. 10, p. 1-17, 2024. https://doi.org/10.5281/zenodo.12539267

LIN, Chia-Yin; WU, Hsin-Kai. Effects of different ways of using visualizations on high school students' electrochemistry conceptual understanding and motivation towards chemistry learning. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 22, p. 786-801, 2021. https://doi.org/10.1039/D0RP00308E

LIN, Y.; CAI, Y.; LIAN, C.; XU, S.; ZHANG, W.; LIU, H. Enhancing electrochemistry education with supercapacitor charging and discharging computational experiments. **J. Chem. Educ.**, v. 102, p. 229-236, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00983

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. 2ª ed., E.P.U.: Rio de Janeiro, 2013.

LUDOVICO, F. M.; NUNES, M. B.; MACHADO, A. D.; BARCELLOS, P. S. C. C. Avanço na Zona de Desenvolvimento Proximal do Professor no uso da Tecnologia de Comunicação Digital: um estudo de caso longitudinal. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 17, n. 9, 2025. https://doi.org/10.55905/cuadv17n9-075

MARCELINO, L. V.; DIAS, E. D. S.; RÜNTZEL, P. L.; MILLI, J. C. L.; SANTOS, J. S.; SOUZA, L. C. A. B.; MARQUES, C. A. Didactic features specific to green chemistry teaching in the journal of chemical education. **J. Chem. Educ.**, v. 100, p. 2529-2538, 2023. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01091

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

MÁRQUEZ, R. A.; KALOKOWSKI, M. E. E.; RAMOS-SÁNCHEZ, V. H.; RODRÍGUEZ-PACHECO, L. C.; VALENZUELA-DE LA ROSA, F.; MULLINS, C. B. Teaching electrochemical energy conversion and storage through active learning: Insights from science workshops. **J. Chem. Educ.**, v. 101, p. 3333-3343, 2024. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00445

MASCARENHAS, S. A. (*Orgs.*). **Metodologia científica.** 2ª. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2018. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 20 out. 2023.

MAYER, R. E. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.** 2nd ed. Cambridge University Press, 2014. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369

MAYER, R. E. **Aprendizagem multimídia** (3ª ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 450 p. https://doi.org/10.1017/9781316941355

MEDEIROS, J. S. S. de; SILVA JÚNIOR, C. N. Revisão das principais propostas do processo de ensino e aprendizagem da eletroquímica no período de 2007 a 2017 no Brasil. **Revista Debates em Ensino de Química - REDEQUIM**, v. 7, n. 1, p. 281-309, 2021.

MELO, A. P.; VASCONCELOS, N. A. F.; FONSECA NETO, J. C. O papel da tecnologia na educação em tempos de pandemia: concepções sobre o legado de Paulo Freire. **Reflexão e Ação**, v. 30, n. 1, p. 201-216, 2022. https://doi.org/10.17058/rea.v30i1.16011

MOORE, E. B.; CHAMBERLAIN, J. M.; PARSON, R.; PERKINS, K. K. PhET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. **J. Chem. Educ.**, v. 91, p. 1191-1197, 2014. https://doi.org/10.1021/ed4005084

MORAN, J. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda.** *In:* BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática. Penso, 2018. e-PUB. 127 p.

MOREIRA, J. A. M.; HENRIQUES, S.; BARROS, D. Transitando de um ensino remoto emergencial para uma educação digital em rede, em tempos de pandemia. **Dialogia**, São Paulo, n. 34, p. 351-364, jan./abr. 2020. https://doi.org/10.5585/dialogia.n34.17123

MORENO, E. L.; HEIDELMANN, S. P. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de Química. **Quim. Nova Esc.**, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160055

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química:** ensino e aprendizagem. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Anomalias no sistema periódico: química e história. **Quím. Nova Esc.**, n. 11, p. 16-20, 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MOSSI, C. S.; VINHOLI JÚNIOR, A. J. O uso de mapas conceituais como estratégia de aprendizagem significativa no ensino de Química. **Acta Scientiarum Education**, v. 44, e53210, 2022. https://doi.org/10.4025/actascieduc.v44i1.53210

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: Aspectos epistemológicos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012. https://doi.org/10.1590/1983-21172012140313

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300007

MÜLLER, A.; SCHMIDTHALS, J. Community-based science education: Enhancing engagement through contextual learning. **J. Chem. Educ.**, v. 98, n. 3, p. 456-465, 2021.

MUSTAFA, F.; NGUYEN, H. T. M.; GAO, X. A. The challenges and solutions of technology integration in rural schools: a systematic literature review. **International Journal of Educational Research**, v. 126, 102380, 2024. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102380

NARCISO, R.; DE ARAÚJO, C. S.; DA SILVA, D.; COSTA, L.; MOTTA, S. R. Promovendo o letramento crítico através da tecnologia na educação. **Revista Ilustração**, Cruz Alta, v. 5, n. 4, p. 63-79, 2024. https://doi.org/10.46550/ilustracao.v5i4.311

NJOKI, P. N. Remote teaching of general chemistry for nonscience majors during Covid-19. **J. Chem. Educ.**, v. 97, n. 9, p. 3158-3162, 2020. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00864

NZOMO, C. M.; RUGANO, P.; NJOROGE, J. M.; GITO, C. M. Inquiry-based learning and students' self-efficacy in Chemistry among secondary schools in Kenya. **Heliyon**, v. 9, p. 1-10, 2023. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12672

OLIVEIRA, R. M. de; CORRÊA, Y.; MORÉS, A. Ensino remoto emergencial em tempos de covid-19: Formação docente e tecnologias digitais. **Rev. Int. de Form. de Professores (RIFP)**, v. 5, p. 1-18, 2020.

OPAS. **Organização Pan-Americana de Saúde**. OMS declara fim da emergência de saúde pública de importância internacional referente à covid-19. 2023. Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/5-5-2023-oms-declara-fim-da-emergencia-saude-publica-importancia-internacional-referente. Acesso em: 06 fev. 2025.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. Tecnologias digitais no ensino de Química: Com a palavra um grupo de professores de uma escola pública de Mato Grosso. Com a Palavra, o Professor, Vitória da Conquista (BA), v. 9, n. 23, p. 124-140, 2024. https://doi.org/10.23864/cpp.v9i23.725

PEREIRA, J. A.; LEITE, B. S. Um produto educacional para auxiliar na aprendizagem de fórmulas, equações e modelos matemáticos aplicados na química: o caso do aplicativo FoQ1 Química. **REPPE - Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 4, n. 2, p. 4-22, 2020. ISSN: 2526-9542.

PEREIRA, J. A.; LEITE, B. S. Percepções sobre o aplicativo FOQ1 Química por estudantes de uma escola pública. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, p. e21001, 2021. https://doi.org/10.26571/reamec.v9i1.11227

PINA, V. G. dos S. S. **Eletroquímica no ensino médio:** A proposição de uma sequência de atividades avaliativas alternativas. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Universidade Federal Fluminense, 2022. 80 f.

PINHEIRO, R. S. G.; SOARES, M. H. F. B. Colaboração educativa: uma proposta metodológica para ensino e pesquisa baseados na robótica pedagógica, epistemologia genética e educação libertadora. **Ciência & Educação**, v. 28, p. 1-17, 2022. https://doi.org/10.1590/1516-731320220027

POLICARPO, K.; BERGMANN, J. C. F. Aplicativos móveis como recursos didáticos digitais: um mapeamento na educação formal. **Texto Livre**, v. 14, n. 3, p. 1-13, 2021. https://doi.org/10.1590/1516-731320220027

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

RESTA, P.; LAFERRIÈRE, T.; MCLAUGHLIN, R.; KOURAOGO, A. Issues and challenges related to digital equity: An overview. **Second handbook of information technology in primary and secondary education**, 1-18, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53803-7_67-1

ROCHA, N. M.; VASCONCELOS, A. K. P.; SAMPAIO, C. de G. Os desafios do ensino de química durante a adoção do ensino remoto ocasionado pela pandemia da covid-19. **Conex. Ci. e Tecnol.**, v. 16, p. 01-10, 2022. https://doi.org/10.21439/conexoes.v16i0.2313

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. Modelos mentais dos alunos sobre a pilha de Daniell: Investigação com o aplicativo Stop Motion. **TICs & EaD em Foco**, v. 6, n. 2, p. 119-132, 2020. https://doi.org/10.18817/tics.v6i2.504

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. O uso do *stop motion* na investigação de modelos mentais de alunos do ensino médio sobre conceitos relacionados com a eletrólise. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, p. 222-242, 2022. https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p222

ROMÃO, I. C.; PINHEIRO, N. A. P.; CRISTINO, J.; ROCHA, N. M. Análise da contextualização dos conteúdos de química nas questões do exame nacional do ensino médio (ENEM). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 10215-10224, 2021. https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-692

ROSA, A. da S. **Investigação das contribuições do desenvolvimento e da utilização de aplicativos para dispositivos móveis no processo de ensino-aprendizagem de química.** Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde) Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, 2022. 250 f.

ROSA, A. da S.; SANTOS, P. A. dos; ROEHRS, R. Desenvolvimento e avaliação de conteúdos para um aplicativo para dispositivos móveis visando a subsidiar a contextualização de conceitos químicos. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista–ENCITEC**, v. 13, n. 2, p. 113-129, 2023. https://doi.org/10.31512/encitec.v13i2.1102

ROSA, A. da S.; SANTOS, P. A.; JARDIM, A. L. S.; GONÇALVES, R. C.; MIOTTO, H. S.; ROEHRS, R. Quimiguia: Desenvolvimento e validação de um aplicativo de apoio ao processo ensino-aprendizagem de química no ensino superior. **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 18, n. 40, p. 35-51, 2022. https://doi.org/10.18542/amazrecm.v18i40.11909

RYAN, R. M.; DECI, E. L. **Self-determination theory:** Basic psychological needs in motivation, development, and wellness. New York: Guilford Press, 2018. https://doi.org/10.1521/978.14625/28806

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. **Contemporary Educational Psychology**, v. 61, 101860, 2020. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860

SANDERS, R. W.; CRETTOL, G. L.; BROWN, J. D.; PLUMMER, P. T.; SCHENDORF, T. M.; OLIPHANT, A.; SWITHENBANK, S. B.; FERRANTE, R. F.; GRAY, J. P. Teaching electrochemistry in the general chemistry laboratory through corrosion exercises. **J. Chem. Educ.**, v. 95, p. 842-846, 2018. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00416

SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. Students' misconceptions in electrochemistry: Current flow in electrolyte solutions and the salt bridge. **J. Chem. Educ.**, v. 74, n. 7, p. 819-823, 1997. https://doi.org/10.1021/ed074p819

SANTANA, L. M. De. Autódromo alquímico: O uso de jogos no ensino de química à luz da teoria de vygotsky e análise de conteúdo. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 2, n. 2, p. 128-139, 2016.

SANTOS, A. J.; LAMPE, L.; SANGIOGO, F. A.; PRETO, C. Oficina de química no ensino médio brasileiro utilizando a metodologia dos três momentos pedagógicos. **Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade**, *[S. l.]*, v. 1, p. 59-70, 2023. https://doi.org/10.14571/brajets.v16.n1.59-70

SANTOS, A. L. N. dos; HOMENIUK, A. L. L.; CARDOSO, L. M. de. **Uso de um *website* como uma abordagem diferenciada no ensino da química**. *In:* II Seminário Estadual Pibid do Paraná, p. 2522-2526, Out. 2014. ISSN 2316-8285.

SANTOS, E. *et al*. **Educação *online* e cibercultura:** Práticas pedagógicas na cultura digital. Salvador: EDUFBA, 2022.

SANTOS, G. M. R. F. dos; SILVA, M. E. da; BELMONTE, B. do R. Covid-19: Ensino remoto emergencial e saúde mental de docentes universitários. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 21, p. 237-243, 2021. https://doi.org/10.1590/1806-9304202100s100013

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; DE OLIVEIRA, A. P. C.; CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. **Quím. Nova Esc.**, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160121

SARTORI, E. R. *et al.* Construção de uma célula eletrolítica para o ensino de eletrólise a partir de materiais de baixo custo. **Quím. Nova Esc.**, v. 35, n. 2, p. 107-111, mai. 2013.

SCHETTINO, M. E. P. G. de O.; MENDES, A. N. F. O uso do *Power Point* como ferramenta para o desenvolvimento de jogos visando contribuir com o ensino de eletroquímica na educação básica. **Brazilian Journal Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 39460-39481, abr. 2021. https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-418

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Quím. Nova**, v. 25, p. 14-24, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000800004

SCHOLZ, F. Benefits of electrochemistry studies for the majority of students who will not become electrochemists. **Journal of Solid State Electrochemistry**, 2023. https://doi.org/10.1007/s10008-023-05415-y

SCHUARTZ, A. S.; SARMENTO, H. B. de M. Tecnologias digitais de informação e comunicação (tdic) e processo de ensino. **Revista Katálysis**, v. 23, n. 3, p. 429-438, 2020. https://doi.org/10.1590/1982-02592020v23n3p429

SELWYN, N. **Education and technology:** Key issues and debates (3ª. ed.). Bloomsbury Academic, 2021. https://doi.org/10.5040/9781350145573

SELWYN, N. Digital degrowth: toward radically sustainable education technology. **Learning, Media and Technology**, v. 49, n. 2, p. 186-199, 2024. https://doi.org/10.1080/17439884.2022.2159978

SHIN, J. E. L.; LEVY, S. R.; LONDON, B. Effects of role model exposure on STEM and non-STEM student engagement. **Journal of Applied Social Psychology**, v. 46, p. 410-427, 2016. https://doi.org/10.1111/jasp.12371

SILVA, A. C. O.; SOUSA, S. de A.; DE MENEZES, J. B. F. O ensino remoto na percepção discente: desafios e benefícios. **Dialogia**, São Paulo, n. 36, p. 298-315, set./dez. 2020. https://doi.org/10.5585/dialogia.n36.18383

SILVA, D. Dos S.; ANDRADE, L. A. P.; DOS SANTOS, S. M. P. Alternativas de ensino em tempos de pandemia. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e424997177, 2020. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7177

SILVA, E. S.; LOJA, L. F. B.; PIRES, D. A. T. *Quiz* Molecular: Aplicativo Lúdico Didático Para o Ensino de Química Orgânica. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 1, p. 172-192, 2020. https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2020.v5.n1.p172-192.id550

SILVA, M. J. S. da; SILVA, R. M. da. **Educação e ensino remoto em tempos de pandemia:** Desafios e desencontros. *In:* VII CONEDU (Conedu em Casa) - Vol. 03. Campina Grande: Realize Editora, 2021. p. 827-841.

SILVA, N. A.; SILVA, D. dos S.; CESÁRIO, E. S.; DOS SANTOS, C. P. S.; FERRO, J. dos S.; DOS SANTOS, C. B. O uso de ferramentas digitais no ensino remoto durante a pandemia no Ensino Fundamental II. **Diversitas Journal**, *[S. l.]*, v. 7, n. 4, p. 3197-3207, 2022. https://doi.org/10.48017/dj.v7i4.2157

SILVA-NETO, S. L. da; LEITE, B. S. *Design Thinking* aplicado como metodologia para a solução de problemas no ensino de Química: um estudo de caso a partir de uma problemática ambiental. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 29, p. e23043, 2023. https://doi.org/10.1590/1516-731320230043

SILVEIRA, M. M. S.; LIMA, R. H.; BERNARDES, G. S.; ALVES, V. A.; DA SILVA, L. A. Células eletrolítica e a combustível confeccionadas com materiais alternativos para o ensino de eletroquímica. **Quim. Nova**, v. 44, n. 1, p. 118-127, 2021. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170626

SILVEIRA, N. J.; SOUSA, J. F.; TEIXEIRA, J. F.; DA SILVA, L. A.; ALVES, V. A. Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e de complexação. **Quím. Nova Esc.**, v. 45, n. 1, p. 60-68, 2023. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160293

SMITH, K., *et al*. Bridging The theory-practice divide in vocational stem education. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 8, p. 1023-1040, 2019.

SOARES, L. C. do R.; REIS, P. B.; BICHARA, C. N. C.; DE PAULA, M. T.; PONTES, A. N. A importância da utilização de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem de Biologia e Química. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 2, p. 779-793, 2023. https://doi.org/10.29327/269504.5.2-20

SOARES, R.; DE MELLO, M. C. S.; DA SILVA, C. M.; MACHADO, W.; ARBILLA, G. Online chemistry education challenges for Rio de Janeiro students during the covid-19 pandemic. **J. Chem. Educ.**, v. 97, p. 3396-3399, 2020. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00775

SOTO, P. C.; BERTOTI, A. F. S.; CIRINO, M. M. Aplicação de uma sequência didática sobre eletroquímica com abordagem CTSA. **Revista Contemporânea**, *[S. l.]*, v. 4, n. 5, p. e4031, 2024. https://doi.org/10.56083/RCV4N5-038

SOUSA, N. de S.; COSTA, T. T. B.; COSTA, M. C. P. A informática no ensino de Química: Desenvolvimento de um dispositivo virtual para o estudo de pilhas. **Quím. Nova Esc.**, p. 1-7, 2025. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160454

SOUZA, D. P. B.; SILVA, G. C. S. da. **Uma proposta de ensino-aprendizagem para eletroquímica baseada em ensino híbrido.** *In:* VII Congresso Nacional de Educação, p. 1-12, 2020.

SOUZA, I. B. S.; PIRES NETO, J. P.; DA SILVA, T. P. A música como instrumento didático-pedagógico no ensino de eletroquímica. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, *[S.l.]*, v. 14, n. 28, p. 16-28, nov. 2020. ISSN 1984-7505.

SUPASORN, S. Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 16, p. 393-407, 2015. https://doi.org/10.1039/C4RP00247D

TALANQUER, V. Threshold concepts in chemistry: The critical role of implicit schemas. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 1, p. 8-15, 2020.

TAVARES, M. M.; MENDES, I. G.; ALVES, M. L. Dos S. **Um relato de experiência:** Análise do cotidiano escolar e uso de jogo de cartas no 9º ano do Ensino Fundamental II. *In:* Ensino De História: Entre Pesquisas E Práticas Pedagógicas (v. 1, p. 47-66). Editora Científica Digital, 2024. https://doi.org/10.37885/241118300

TAVARES, R.; OLIVEIRA, D.; LARANJEIRO, D.; ALMEIDA, M. Universal design for learning: Potencial de aplicação no ensino superior com alunos com NEE e por recurso a tecnologias mobile. **EDUCAÇÃO, FORMAÇÃO & TECNOLOGIAS**, *[S. l.]*, v. 8, n. 1, p. 84-94, 2015. ISSN 1646-933X.

TAVARES, V. dos S.; MELO, R. B. de. Possibilidades de aprendizagem formal e informal na era digital: O que pensam os jovens nativos digitais? **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 23, p. 1-9, 2019. https://doi.org/10.1590/2175-35392019013039

THISGAARD, M.; MAKRANSKY, G. Virtual learning simulations in high school: effects on cognitive and non-cognitive outcomes and implications on the development of STEM academic and career choice. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1-13, 2017. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00805

TORRES, T. L. M.; DE SOUZA, L. L. Equidade e educação escolar na América Latina: Uma revisão de literatura. **Educação & Formação (Fortaleza)**, v. 11, p. e15753, 2026. https://doi.org/10.25053/redufor.v11.e15753

TRÍDICO, D. A. C. **Eletroquímica na sala de aula:** Desafios de futuras professoras de química nos processos de ensino e aprendizagem. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia. 2024. 55 f.

TURNER, K. L.; HE, S.; MARCHEGIANI, B.; READ, S.; BLACKBURN, J.; MIAH, N.; LEKETAS, M. Around the world in electrochemistry: A review of the electrochemistry curriculum in high schools. **Journal of Solid State Electrochemistry**, v. 28, p. 1361-1374, 2024. https://doi.org/10.1007/s10008-023-05548-0

ULLAH, S.; ALI, N.; RAHMAN, S. U. The effect of procedural guidance on students' skill enhancement in a virtual chemistry laboratory. **J. Chem. Educ.**, v. 93, p. 2018-2025, 2016. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00969

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Curitiba, Edição Especial n. 4, p. 79-97, 2014. https://doi.org/10.1590/0104-4060.38645

VAN DIJK, J. **The digital divide**. John Wiley & Sons, 2020.

VARADARAJAN, S.; LADAGE, S. Problem-Based Learning (PBL): A literature review of theory and practice in undergraduate chemistry laboratories. **J. Chem. Educ.**, v. 101, p. 3027-3038, 2024. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01335

VENTURI, G.; JUNCKES, E. S.; MARTIN, M. da G. M. G.; OLIVEIRA, B. R. M. Dificuldades de ingressantes de um curso de licenciatura em química sobre conceitos de eletroquímica: Um desafio para o ensino superior. **Quím. Nova**, v. 44, n. 6, p. 766-772, 2021. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170756

VIANA, M. S.; DA SILVA, E. V.; MARQUES, J. A. Gamificação no ensino de Química: Uma proposta de sequência didática para a Eletroquímica no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 1-21, 2023. https://doi.org/10.26843/rencima.v14n3a10

VIEIRA, D. de O.; BRAGA, M. B. P.; PASSOS, R. R.; FARIAS, S. de A. Estudos sobre o ensino e aprendizagem de conceitos em eletroquímica: Uma revisão. **ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 11, n. 1, p. 172-188, jan./abr. 2021. https://doi.org/10.31512/encitec.v11i1.388

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. (Trabalho original publicado em 1934).

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica.** 3ª ed. Editora WMF Martins Fontes: São Paulo, 2010. 561 p.

WANG, C.-Y.; TSAI, C.-C. Cross-cultural comparisons of students' conceptual understanding in electrochemistry. **Research in Science Education**, v. 48, n. 6, p. 1243-1269, 2018.

WANG, X.; WANG, Z. Animated electrochemistry simulation modules. **J. Chem. Educ.**, v. 99, p. 752-758, 2022. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00944

WANG, Y.; HE, P.; GENG, J.; ZHU, Z. An innovative teaching practice in analytical chemistry laboratory: Merging photoelectric technology with Inquiry-Based Learning through

cerium analysis. **J. Chem. Educ.**, v. 102, p. 1245-1251, 2025. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01316

WENZEL, J. S.; MALDANER, O. A. A prática da escrita e reescrita em aulas de química como potencializadora do aprender química. **Quím. Nova Esc.**, v. 36, n. 4, p. 314-320, 2014. https://doi.org/10.5935/0104-8899.20140038

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução de A. C. de Oliveira. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YOUSSEF, M. Assessing the use of kahoot! in an undergraduate general chemistry classroom. **J. Chem. Educ.**, v. 99, p. 1118-1124, 2022. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00799

ZABALA, A. **A prática educativa:** Como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZIMMERMANN, F.; MELLE, I.; HUWER, J. Developing prospective chemistry teachers' TPACK−a comparison between students of two different universities and expertise levels regarding their TPACK self-efficacy, attitude, and lesson planning competence. **J. Chem. Educ.**, v. 98, p. 1863-1874, 2021. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01296

ANEXOS

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP E PARECER DA EMENDA - PROJETO APROVADO PARA EXECUÇÃO NAS ESCOLAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA/MG

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Impactos da pandemia na educação pública, privada e do campo: uso de aplicativo móvel e website como estratégias de equidade frente aos desafios do ensino de conteúdos de eletroquímica via remota

Pesquisador: SHEILA CRISTINA CANOBRE

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 58535522.6.0000.5152

Instituição Proponente: Instituto de Química

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.511.888

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas dos documentos Informações Básicas da Pesquisa nº 1893095 e Projeto Detalhado (Projeto_Detalhado_Maraina_Souza_Medeiros.pdf), postados em 07/05/2022 e 05/05/2022, respectivamente.

INTRODUÇÃO - O protocolo apresenta uma pesquisa proposta por uma orientadora, uma discente do curso de Doutorado em Química do Programa de Pós-graduação em Química (PPGQUI) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e conta com uma equipe composta por mais três pesquisadores. Ele aborda basicamente a temática sobre a proposição governamental de "implantação do Ensino Remoto Emergencial em substituição ao modelo presencial, enquanto perdurar a situação pandêmica no país", especialmente, "em três escolas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) ".

Os pesquisadores consideram que "Neste contexto do ensino remoto, a aprendizagem de conteúdos de química pode ter sido ainda mais agravada, devido à falta de um contato direto com o professor e, principalmente, o fato do aluno não conseguir manter uma rotina de estudos em seu ambiente familiar".

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLANDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4131 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

Assim, a investigação delineia-se em torno de uma avaliação de uma "possível existência de desigualdade na educação" dessas instituições de ensino. A ideia é "desenvolver e utilizar um aplicativo móvel e website sobre conteúdos de eletroquímica como estratégias para tornar o ensino-aprendizagem mais dinâmico, facilitando a interação dos professores e alunos com as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação".

Segundo os proponentes, a investigação segue a concepção diretiva que os "Desafios, impactos e adaptações foram e ainda são observados frente às mudanças ocasionadas pela pandemia no contexto educacional (MORAES et al., 2020). Portanto, a inserção das tecnologias na educação requer tempo e muita reflexão, pois as práticas pedagógicas são transformadas à medida que ocorrem alterações nos cenários (CALIARI; PEREZ, 2017). [...]o fator aprendizado do aluno sem o auxílio presencial do educador pode ser alcançado por meio de diversas ferramentas tecnológicas, principalmente dando-se ênfase ao aluno como protagonista do processo ensino aprendizagem".

Eles pretendem realizar essa pesquisa por meio de um exame da "investigação das metodologias de ensino -aprendizagem (estratégia pedagógica, plataforma utilizada, uso de aulas gravadas – assíncronas – ou síncronas) que os professores estão empregando neste ensino via remota e os impactos destas estratégias pedagógicas na aprendizagem de seus alunos".

METODOLOGIA

(A) Pesquisa/Estudo - O estudo baseia-se em "abordagens qualitativa e do tipo descritivo exploratória". Na primeira, pretende-se descrever, coletar e tratar os dados obtidos por meio de seis questionários online. Já na pesquisa descritivo exploratória pretende-se analisar e descrever as características que envolvem o ensino público, privado e do campo no contexto da pandemia e se existe relação entre eles".

Nas estratégias de intervenção farão "[...]da pesquisa-ação que é a troca de saberes a partir da realidade concreta da vida cotidiana (MEDEIROS et al., 2017) ", com a finalidade de conseguirem uma participação ativa de alunos e professores no desenvolvimento da proposta. Assim, eles investigarão sobre "[...] as possíveis desigualdades na educação em três escolas de Itumbiara-GO ocasionadas pela pandemia da COVID-19, [...]. Utilizando-se de um estudo de caso, e visam "[...]

elaborar duas ferramentas de apoio virtuais (app e website) para o ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica".

São apresentadas quatro questões para guiar essa pesquisa: i) "A implementação de ferramentas digitais no contexto do ERE tem causado dificuldades de planejamento e execução das aulas em função do despreparo dos docentes no manuseio de plataformas digitais? " ii) "A situação socioeconômica dos alunos tem impactado negativamente no quesito de acesso às aulas virtuais? " iii) "É possível desenvolver estratégias pedagógicas virtuais que promovam o ensino-aprendizagem do aluno no ambiente familiar sem a presença efetiva do educador? " iv) "As dificuldades de ensinar conteúdos de eletroquímica pelos professores e, em contrapartida, dos alunos de aprender podem ser solucionadas com o uso de ferramentas virtuais como aplicativo móvel e website? "

(B) Tamanho da amostra - Propõem-se trabalhar com 141 indivíduos, "sendo 136 alunos e 5 professores, de ambos os sexos e que fazem parte da cidade de Itumbiara-GO". Eles serão divididos em três conjuntos, pertencendo: 62 no grupo I da Escola Pública (EPu); 62 no grupo II da Escola Privada (EPr) e 17 no grupo III da Escola do Campo (EC). Eles ainda afirmam que "Estes números poderão sofrer alterações em função do número de alunos matriculados e profissionais disponíveis nas instituições de ensino na época em que será executada a pesquisa".

(C) Recrutamento e abordagem dos participantes - Os pesquisadores querem contar com um "público estimado de 141 participantes, sendo 136 alunos e 5 professores, de ambos os sexos e que fazem parte da cidade de Itumbiara-GO". Para isso, afirmam que "[...]foram selecionadas três escolas com diferentes realidades, sendo duas públicas (federal e municipal) e uma do sistema privado".

(D) Local e instrumento de coleta de dados - Nas três escolas de educação básica do município de Itumbiara-GO, que assinaram o termo de coparticipação. A coleta de dados ocorrerá em cinco fases a seguir com os respectivos instrumentos:

i) Informações básicas das escolas por meio de documentos e observações presenciais; levantamento dos recursos informáticos e de comunicação online e de estratégias pedagógicas usadas no ensino remoto;

ii) criação de aplicativos off-line, plataforma de ensino virtual para o desenvolvimento dos conteúdos de eletroquímica, juntos alunos e professores pesquisadores do protocolo. Reuniões para organizar as ações e definir protótipo, serão utilizadas. Propõem-se a realizar exercícios de aplicação, criação de logomarcas pelos alunos com a participação de professores no processo de seleção e votação mediante formulário online;

iii) esta fase "[...] consistirá no diagnóstico (panorama) da situação do Ensino Remoto Emergencial das três escolas selecionadas para este estudo, utilizando-se como instrumento de coleta de dados o Questionário I. Serão elaboradas 15 perguntas (objetivas e subjetivas) distribuídas por temas diversos, com o objetivo de conhecer os desafios enfrentados pelos docentes e discentes durante o Ensino Remoto Emergencial, levando-se em consideração a plataforma digital adotada por cada escola. Além disso, será aplicado outro questionário de 15 perguntas para verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre eletroquímica no cotidiano";

iv)" o app e website serão aplicados, em aulas, ao mesmo público de alunos participantes da etapa diagnóstica a fim de mostrar que é possível trabalhar conteúdos niveladores de eletroquímica, no contexto do ensino remoto, a partir de um produto educativo digital off-line, gratuito, e de um website";

v) finalmente, "será aplicado o Questionário II com 15 questões que terá como objetivo principal averiguar as potencialidades e restrições do app e website desenvolvidos para o ensino remoto. Além disso, será reaplicado o questionário da Etapa 3 para avaliar a evolução do conhecimento dos alunos".

(E) Metodologia de análise dos dados - "Os dados oriundos da pesquisa serão tratados estatisticamente no software Excel, versão 2007, e apresentados como média, desvio-padrão e gráficos de colunas".

(F) Desfecho Primário - "Identificar, por meio de um estudo de caso, as possíveis desigualdades na educação em três escolas de Itumbiara-GO ocasionadas pela pandemia da COVID-19, assim como elaborar duas ferramentas de apoio virtuais (app e website) para o ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica".

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO - "Alunos regularmente matriculados nas escolas participantes, faixa etária entre 14 e 15 anos, residentes na cidade de Itumbiara-GO ou no Povoado Santa Rosa do Meia Ponte (Itumbiara-GO), e que aceitarem assinar o TA e TCLE pelos responsáveis. Professores de Química ou Ciências com vínculo empregatício com as escolas participantes, residentes na cidade de Itumbiara-GO ou no Povoado Santa Rosa do Meia Ponte (Itumbiara – GO), e que aceitarem assinar o TCLE para maiores de 18 anos".

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO - "- Alunos que não estiverem matriculados nas escolas participantes; - Alunos com menos de 14 anos ou mais de 15 anos; - Professores que não são das áreas de Ciências ou Química; - Alunos e professores que não residem na cidade de Itumbiara-GO ou no Povoado Santa Rosa do Meia Ponte (Itumbiara-GO); - Alunos, professores e responsáveis que não aceitarem assinar os termos (TA e TCLE). "

CRONOGRAMA - As pesquisadoras pretendem iniciar a pesquisa a partir de 15 de junho de 2022 e têm como previsão de término 30 de junho de 2025.

ORÇAMENTO - O Valor é de R$ 527,74 (quinhentos e vinte e sete e setenta e quatro centavos). Financiamento próprio.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO - "- Investigar a possível existência de desigualdade na educação em três escolas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) em virtude da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), bem como desenvolver e utilizar um aplicativo móvel e website sobre conteúdos de eletroquímica como estratégias para tornar o ensino-aprendizagem mais dinâmico, facilitando a interação dos professores e alunos com as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação".

OBJETIVOS SECUNDÁRIOS - "- Apresentar um panorama dos impactos educacionais decorrentes do Ensino Remoto Emergencial em três escolas (pública, privada e do campo) localizadas na cidade de Itumbiara-GO; - Desenvolver um aplicativo móvel e website sobre conteúdos de eletroquímica, e verificar a aceitação das ferramentas virtuais pelos educandos e professores selecionados nas três escolas; - Examinar a viabilidade das plataformas educacionais online utilizadas pelas escolas

como ambiente de aprendizagem virtual sob a perspectiva de professores e alunos; - Verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da eletroquímica no cotidiano; - Analisar o potencial do app e website como ferramentas educativas alternativas de acesso a todos e que possa reduzir os índices de evasão escolar, bem como instrumento de ensino aprendizagem digital de conteúdos niveladores de eletroquímica; - Avaliar a evolução do conhecimento do aluno após a intervenção proposta (uso de estratégias pedagógicas virtuais)".

HIPÓTESE - "Acredita-se que os dados do estudo de caso favorecerão uma reflexão robusta acerca da implantação do Ensino Remoto Emergencial no contexto educacional público, privado e do campo, assim como acentuará o uso de ferramentas pedagógicas virtuais no ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica sem a presença efetiva do professor".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS – "O envolvimento na pesquisa e a incerteza de seu resultado pode trazer algum grau de apreensão pelos participantes da pesquisa. Os possíveis riscos da presente pesquisa são mínimos e consistem em: Constrangimento ao responder o instrumento de coleta de dados (questionário); Medo de não saber responder e/ou de ser identificado; Cansaço ou vergonha ao responder as perguntas; Estresse e; Desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante a realização das estratégias pedagógicas em aula. Apesar de serem mínimos os riscos, os pesquisadores garantem que será dada toda assistência aos participantes da pesquisa e aos seus respectivos responsáveis para assegurar a confidencialidade, privacidade e proteção da imagem dos envolvidos, além de garantir a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidade escolar. "

BENEFÍCIOS – "Os benefícios aos participantes da pesquisa serão por tempo indeterminado, sendo eles: Valorização da experiência cotidiana dos alunos e professores durante o ensino remoto; Acesso gratuito ao recurso educativo que será desenvolvido (aplicativo e website) para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica e; Sensibilização da sociedade a respeito da importância destes na construção do conhecimento científico."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

As pendências listadas no Parecer Consubstanciado nº 5.448.942, de 05 de junho de 2022, seguem abaixo, bem como a resposta da equipe de pesquisa e a análise de atendimento ou não da

pendência feita pelo CEP/UFU.

Pendência 1 – Para o item Metodologia do Formulário Plataforma Brasil e Projeto Detalhado, descrever a técnica de recrutamento dos participantes, a abordagem adotada e o local de abordagem.

RESPOSTA - Técnica de recrutamento dos participantes: Tanto no Formulário da Plataforma Brasil quanto no Projeto Detalhado, foi descrito o procedimento de recrutamento dos participantes pela pesquisadora responsável, o qual será realizado levando-se em consideração o público-alvo previamente estabelecido no estudo (alunos matriculados no 9º ano do Ensino Fundamental e 1ª série do Ensino Médio, e professores de Química/Ciências responsáveis por esses estudantes) e na abordagem em forma de convite.

Abordagem adotada: Depois de esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa e os termos devidamente assinados, os alunos serão abordados em sala de aula, de forma presencial, em uma sala de informática disponibilizada pelas instituições participantes para aplicação dos questionários e realização das aulas na plataforma de aprendizagem virtual escolhida para a realização da pesquisa.

Local de abordagem: Os alunos serão abordados nas próprias instituições de ensino em horários e dias previamente disponibilizados pelas escolas.

Observação: Em função do número limitado de caracteres do campo “Metodologia” no Formulário da PB, foi necessário realizar algumas adequações no texto da metodologia do “Projeto Detalhado”. Nesse sentido, destaquei toda a metodologia em amarelo em função das alterações realizadas.

ANÁLISE DO CEP/UFU - Pendência Atendida.

==========

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Foram apresentados os seguintes documentos anexados na Plataforma Brasil:

- Respostas às pendências do CEP-UFU, alterações no projeto de pesquisa, no formulário da Plataforma Brasil e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para responsável legal por menor de 18 anos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:
As pendências apontadas no Parecer Consubstanciado nº 5.448.942, de 05 de junho de 2022, foram atendidas. Portanto, nessa versão o CEP/UFU não encontrou nenhum óbice ético.

De acordo com as atribuições definidas nas Resoluções CNS nº 466/12, CNS nº 510/16 e suas complementares, o CEP/UFU manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Prazo para a entrega dos Relatórios Parciais ao CEP/UFU: JANEIRO/2023, JULHO/2023, JANEIRO/2024, JULHO/2024, JANEIRO/2025*.

Prazo para a entrega do Relatório Final ao CEP/UFU: JULHO/2025*.

* Tolerância máxima de 01 mês para o atraso na entrega dos relatórios.

==========

Considerações Finais a critério do CEP:
O CEP/UFU LEMBRA QUE QUALQUER MUDANÇA NO PROTOCOLO DE PESQUISA DEVE SER INFORMADA, IMEDIATAMENTE, AO CEP PARA FINS DE ANÁLISE ÉTICA.

O CEP/UFU alerta que:

a) Segundo as Resoluções CNS nº 466/12 e nº 510/16, o pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;

b) O CEP/UFU poderá, por escolha aleatória, visitar o pesquisador para conferência do relatório e documentação pertinente ao projeto;

c) A aprovação do protocolo de pesquisa pelo CEP/UFU dá-se em decorrência do atendimento às Resoluções CNS nº 466/12 e nº 510/16 e suas complementares, não implicando na qualidade científica da pesquisa.

ORIENTAÇÕES AO PESQUISADOR:

- O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização e sem prejuízo (Resoluções CNS nº 466/12 e nº 510/16) e deve receber uma via original do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, na íntegra, por ele assinado.

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado pelo CEP/UFU e descontinuar o estudo após a análise, pelo CEP que aprovou o protocolo (Resolução CNS nº 466/12), das razões e dos motivos para a descontinuidade, aguardando a emissão do parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Resolução CNS nº 466/12). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro); e enviar a notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – apresentando o seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, destacando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. No caso de projetos do Grupo I ou II, apresentados à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador também deve informá-la, enviando o parecer aprobatório do CEP, para ser anexado ao protocolo inicial (Resolução nº 251/97, item III.2.e).

Continuação do Parecer: 5.511.888

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1893095.pdf	07/06/2022 21:28:44		Aceito
Outros	Resolucao_de_pendencia_emitida_pelo_CEP.pdf	07/06/2022 21:26:57	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado_Maraina_Souza_Medeiros.pdf	07/06/2022 21:23:14	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_responsavel_por_menor_18_anos_alunos.pdf	07/06/2022 07:57:39	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TA_menor_12_a_18_anos_incompletos_aos_alunos.pdf	05/05/2022 21:33:51	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_Equipe_Executora.pdf	05/05/2022 21:32:09	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Outros	Curriculo_lattes_Equipe_Executora.pdf	05/05/2022 21:30:05	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_SOBRE_CONTEUDOS_DE_ELETROQUIMICA_AosAlunos.pdf	27/03/2022 13:23:38	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_II_AosProfessores.pdf	27/03/2022 13:23:00	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_II_AosAlunos.pdf	27/03/2022 13:22:26	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_I_AosProfessores.pdf	27/03/2022 13:21:54	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_I_AosAlunos.pdf	27/03/2022 13:20:36	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_capazes_maiores_18_anos_aos_professores.pdf	27/03/2022 13:18:19	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	27/03/2022 13:06:58	SHEILA CRISTINA CANOBRE	Aceito
Declaração de concordância	SEI_UFU_3454566_Declaracao.pdf	21/03/2022 20:14:46	Luis Ricardo Rodrigues	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	Justificativa_Pesquisador_Principal.pdf	27/02/2022 08:59:51	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_CoParticipante_EPu.pdf	03/02/2022 20:14:31	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_CoParticipante_EPr.pdf	03/02/2022 20:13:46	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_CoParticipante_EC.pdf	03/02/2022 20:12:34	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

UBERLANDIA, 06 de Julho de 2022

Assinado por:
ALEANDRA DA SILVA FIGUEIRA SAMPAIO
(Coordenador(a))

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Impactos da pandemia na educação pública, privada e do campo: uso de aplicativo móvel e website como estratégias de equidade frente aos desafios do ensino de conteúdos de eletroquímica via remota

Pesquisador: SHEILA CRISTINA CANOBRE

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 58535522.6.0000.5152

Instituição Proponente: Instituto de Química

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 8.164.845

Apresentação do Projeto:

Trata-se de resposta da SEGUNDA RODADA de pendência referente à EMENDA do protocolo de pesquisa aprovado sob o Parecer Consubstanciado no 5.511.888, de 06 de julho de 2025.

A EMENDA foi analisada no Parecer Consubstanciado no 7.788.796, de 24 de agosto de 2025.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO - "- Investigar a possível existência de desigualdade na educação em três escolas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) em virtude da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), bem como desenvolver e utilizar um aplicativo móvel e website sobre conteúdos de eletroquímica como estratégias para tornar o ensino-aprendizagem mais dinâmico, facilitando a interação dos professores e alunos com as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação".

OBJETIVOS SECUNDÁRIOS - "- Apresentar um panorama dos impactos educacionais decorrentes do Ensino Remoto Emergencial em três escolas (pública, privada e do campo) localizadas na cidade de Itumbiara-GO; - Desenvolver um aplicativo móvel e website sobre conteúdos de eletroquímica, e verificar a aceitação das ferramentas virtuais pelos educandos e professores

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLANDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4131 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Continuação do Parecer: 8.164.845

Infraestrutura	Declaracao_CoParticipante_EPu.pdf	03/02/2022 20:14:31	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_CoParticipante_EPr.pdf	03/02/2022 20:13:46	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_CoParticipante_EC.pdf	03/02/2022 20:12:34	MARAÍNA SOUZA MEDEIROS	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

UBERLANDIA, 11 de Fevereiro de 2026

Assinado por:
Valéria Ferreira de Almeida e Borges
(Coordenador(a))

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLANDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4131 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

ANEXO B – CURSO *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO* NA PLATAFORMA *MOODLE*

Eletroquímica no cotidiano

Mensagem de boas-vindas!



Documentos do projeto de ensino

Prezado discente, neste tópico estão disponibilizados os documentos referentes ao Comitê de Ética (TCLE - aos professores e responsáveis pelos alunos e TALE - aos alunos) e o plano de ensino de acordo com cada escola participante do projeto de ensino. Clique no plano de ensino referente à sua escola. Bons estudos!!

Plano de Ensino - EPu (turma eletrotécnica)

Plano de Ensino - EPu (turma química)

Plano de Ensino - EC

Plano de ensino - EPr (Turma A)

Plano de ensino - EPr (Turma B)

TCLE - responsáveis pelos alunos

TCLE - aos professores

TALE - aos alunos

Canais de comunicação do curso



Prezado discente, neste tópico estão disponibilizados os canais de comunicação do curso "Eletroquímica no cotidiano" como perfil do **Instagram**, **grupo do WhatsApp** e **contato pessoal da professora**. Clique no grupo de WhatsApp referente à sua escola.

Grupo do WhatsApp - Escola do Campo (EC)

Grupo do WhatsApp - Escola Privada (EPr)

Grupo do WhatsApp - Escola Pública (EPu)

Perfil do projeto no Instagram

Contato pessoal da professora

Avisos

Aula 01 - 18 à 27 de outubro

Apresentação do projeto de ensino



Prezado discente, neste tópico serão trabalhados os seguintes conteúdos: - Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de Doutorado; - Convite aos alunos e professor (a) regente para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; - Lançamento do concurso de logomarca

para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; - Pesquisa diagnóstica quanto à percepção discente e docente em relação ao contexto do ensino remoto. Fique atento ao prazo das atividades deste tópico. Bons estudos!!

Apresentação de slides - Aula 1

Pesquisa diagnóstica - Questionário I (QI) - Aos alunos

https://forms.gle/oGVTUEeSnyW9oteP8

Concurso para escolha da logomarca oficial do aplicativo e website "Eletroquímica no cotidiano"

Aberto: terça, 18 out 2022, 12:00
Vencimento: sexta, 4 nov 2022, 23:59
Restrito Disponível até **4 novembro 2022, 23:55**

Aula 02 - 18 de outubro à 03 de novembro

Reações de oxirredução



Prezado discente, neste tópico serão trabalhados os seguintes conteúdos: - Pesquisa diagnóstica quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos básicos envolvendo reações redox e eletroquímica; - Definição de reação de oxirredução; - Conceitos de oxidação e redução; - Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; - Espontaneidade de reações oxirredução e potenciais padrões de oxidação e de redução; - Resolução de exercícios; - Aplicações no cotidiano. Bons estudos!!

Apresentação de slides - Aula 2

Pesquisa diagnóstica - conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos de eletroquímica

https://forms.gle/ZjVTGv8SoeBMWTiE6

Aula 03 - 08 à 22 de novembro

Eletroquímica (pilhas e baterias)



Prezado discente, neste tópico serão trabalhados os seguintes conteúdos: - Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; - Conceituação de pilhas e baterias; - Impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente; - Pilha de Daniell; - Eletrólise ígnea e em meio aquoso; - Resolução de exercícios; - Material suplementar (como montar uma pilha caseira – Pilha de limão com moedas) (atividade prática envolvendo a participação dos alunos). Bons estudos!!

Apresentação de slides - Aula 3

Roteiro de atividade experimental - Pilha de limão com moedas

Vídeo-aula: Pilha de limão com moedas

Desafio da Eletroquímica

Aberto: terça, 8 nov 2022, 13:00
Vencimento: sexta, 25 nov 2022, 23:59
Restrito Disponível até **25 novembro 2022, 23:55**

Aula 04 - 25 de novembro à 02 de dezembro

Uso do aplicativo e website "Eletroquímica no cotidiano"



Prezado discente, neste tópico será trabalhado o uso, em sala de aula, do aplicativo e website desenvolvidos sobre eletroquímica como estratégia avaliativa do desempenho dos alunos. Resolvam os exercícios propostos no *app*/*website* e explorem bem as ferramentas. Bons estudos!!

Apresentação de slides - Aulas 4 e 5

Questionário avaliativo - reações redox e eletroquímica

Aberto: segunda, 28 nov 2022, 07:00
Fechado: domingo, 4 dez 2022, 23:59
Restrito Disponível até **4 dezembro 2022, 23:55**

Link do website "Eletroquímica no cotidiano"

Link para baixar o aplicativo "Eletroquímica no cotidiano" na Play Store

Aula 05 - 25 de novembro à 02 de dezembro

Aplicação de instrumentos avaliativos



Prezado discente, neste tópico os alunos e professor regente responderão dois instrumentos avaliativos. O primeiro tem por objetivo avaliar os limites e potencialidades do *app* e *website* como proposta de ferramenta suplementar ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica, tanto pela perspectiva dos alunos quanto do docente regente. Já o segundo questionário destinado aos alunos tem por pretensão verificar a evolução do conhecimento destes sobre eletroquímica após as intervenções. Bons estudos!!

Pesquisa de evolução do conhecimento dos alunos (após as intervenções do projeto)

https://forms.gle/kVVsrDwWyh2ihVYg9

Pesquisa de avaliação - Questionário II (QII) - Aos alunos

https://forms.gle/HwG5KftYKiQFS5Z66

INSTITUTO FEDERAL
Goiás

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

www.ifg.edu.br

Informação

Instituto Federal de Goiás

Guia EaD IFG

Contato

Rua C-198, Quadra 500, Jardim América, Goiânia, Goiás. CEP: 74270-040

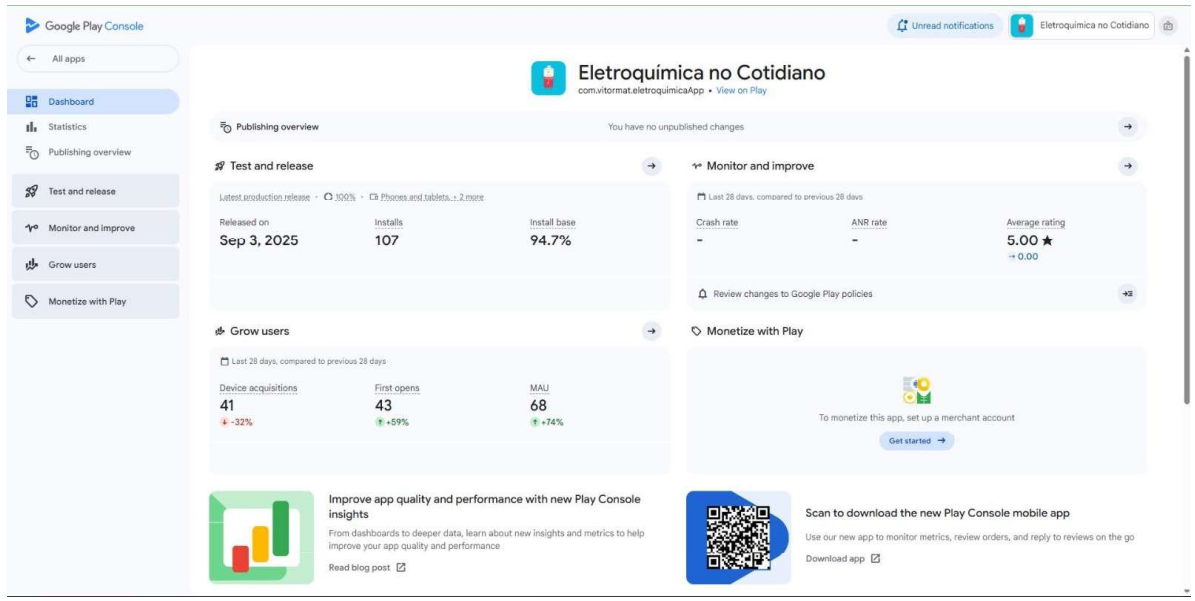
Siga-nos

Copyright © 2022 - Tema Academi. Customizado pela Diretoria de EaD |
Icons made by Freepik from www.flaticon.com is licensed by CC 3.0 BY

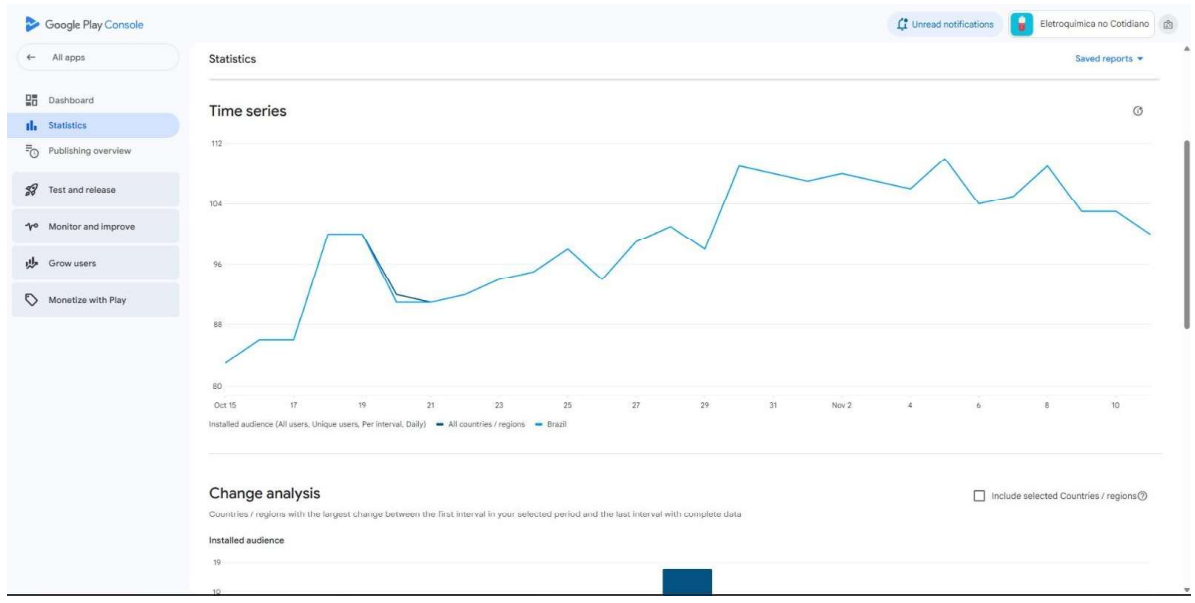
Redefinir a demonstração nessa página
Baixar o aplicativo móvel.
Esta página é: General type: course. Context Curso: Eletroquímica no cotidiano (context id 1459665). Page type course-view-topics.
Redefinir a demonstração nessa página

ANEXO C – TELA DE DESENVOLVEDOR DO APLICATIVO *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO* NA VERSÃO *ANDROID*

Mês de Novembro/2025 (maior pico de *downloads* na plataforma)

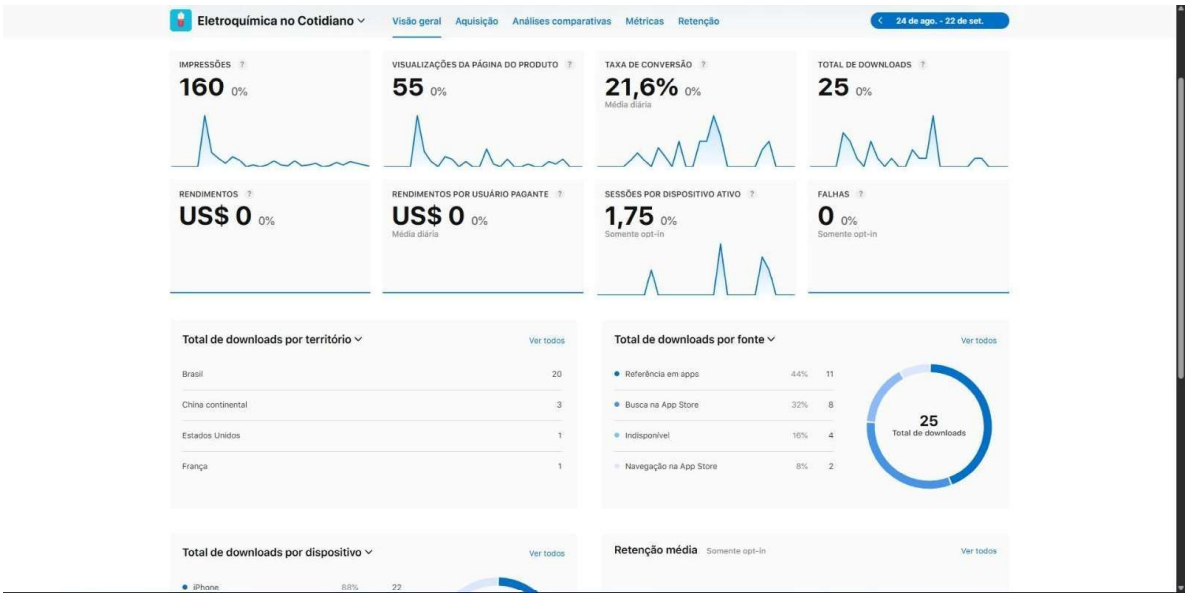


Gráfico



ANEXO D – TELA DE DESENVOLVEDOR DO APLICATIVO *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO* NA VERSÃO iOS

Mês de Setembro/2025 (maior pico de *downloads* na plataforma)



***Downloads* internacionais registrados no mês de setembro/2025**



APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - AOS DOCENTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada "**Impactos da pandemia na educação pública, privada e do campo: uso de aplicativo móvel e *website* como estratégias de equidade frente aos desafios do ensino de conteúdos de eletroquímica via remota"**, sob a responsabilidade dos pesquisadores Maraína Medeiros Fernandes, Sheila Cristina Canobre, Fábio Augusto Amaral, Simone Machado Goulart e Gabriel Augusto Costa de Freitas. Nesta pesquisa nós buscamos investigar a possível existência de desigualdade na educação em três escolas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) em virtude da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), bem como desenvolver e utilizar um aplicativo móvel e *website* sobre conteúdos de eletroquímica como estratégias para tornar o ensino-aprendizagem mais dinâmico, facilitando a interação dos professores e alunos com as tecnologias.

O Termo/Registro de Consentimento Livre e Esclarecido está sendo obtido pela pesquisadora Maraína Medeiros Fernandes, a qual aplicará presencialmente nas escolas, durante as aulas regulares, o termo com os participantes da pesquisa. O participante da pesquisa terá o tempo que for necessário para decidir participar ou não participar da pesquisa (conforme item IV da Resolução nº 466/2012 ou Capítulo. III da Resolução nº 510/2016).

Na sua participação, você irá responder a dois questionários (formulários eletrônicos) sobre a situação do Ensino Remoto Emergencial adotado na escola e sobre os aspectos positivos e negativos do aplicativo e *website* que serão desenvolvidos como ferramentas auxiliares ao processo ensino-aprendizagem dos alunos. Cada questionário será composto de 15 questões com um tempo estimado de 30 minutos para respondê-lo. Além dos questionários, você será convidado a participar como avaliador de um concurso de desenhos para a escolha da logomarca do aplicativo e *website*. Ao final da pesquisa, serão ministradas aulas sobre os conteúdos de eletroquímica partindo-se do uso do aplicativo e *website* desenvolvidos, a fim de avaliar as potencialidades e limitações dessas ferramentas como estratégia complementar ao trabalho docente. Ressalta-se ainda que essas atividades sejam desenvolvidas na sua presença, enquanto professor regente. Durante os procedimentos de coleta de dados você poderá acionar a pesquisadora, Maraína Medeiros Fernandes, para assistência necessária e caso se sinta desconfortável poderá deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de justificativa. A pesquisadora indicada anteriormente atenderá as orientações da Resolução nº 510/16, Capítulo VI, Art. 28: IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto e nem ganho financeiro por participar na pesquisa.

Havendo algum dano decorrente da pesquisa, você terá direito a solicitar indenização através das vias judiciais (Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954 e Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 19).

O envolvimento na pesquisa e a incerteza de seu resultado pode trazer algum grau de apreensão pelos participantes da pesquisa. Os possíveis riscos da presente pesquisa são mínimos e consistem em: Constrangimento ao responder o instrumento de coleta de dados (questionários); Medo de não saber responder e/ou de ser identificado; Cansaço ou vergonha ao responder as perguntas; Estresse e; Desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante a realização das estratégias pedagógicas em aulas. Apesar de serem mínimos os riscos, os pesquisadores garantem que será dada toda

assistência aos participantes da pesquisa para assegurar a confidencialidade, privacidade e proteção da imagem dos envolvidos, além de garantir a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidade escolar. Os benefícios aos participantes da pesquisa serão por tempo indeterminado, sendo eles: Valorização da experiência cotidiana dos alunos e professores durante o ensino remoto; Acesso gratuito ao recurso educativo que será desenvolvido (aplicativo e *website*) para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica e; Sensibilização da sociedade a respeito da importância destes na construção do conhecimento científico.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos seus dados da pesquisa.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você, assinada e rubricada pela pesquisadora.

Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora, Maraína Medeiros Fernandes, por meio do telefone (64) 9 9238-4202 ou pelo endereço eletrônico maraina.medeiros@ufu.br. Para obter orientações quanto aos direitos dos participantes de pesquisa acesse a cartilha no link: https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/Cartilha_Direitos_Eticos_2020.pdf.

Você poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, *campus* Santa Mônica – Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail **cep@propp.ufu.br**. O CEP/UFU é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Itumbiara, ____ de _____ de 20____.

_____

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

_____

Assinatura do participante de pesquisa

_____ _____

Rubrica do Participante Rubrica do Pesquisador

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - AOS RESPONSÁVEIS PELOS DISCENTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA RESPONSÁVEL LEGAR POR MENOR DE 18 ANOS

Considerando a sua condição de responsável legal pelo(a) menor, apresentamos este convite e solicitamos o seu consentimento para que ele(a) participe da intitulada "**Impactos da pandemia na educação pública, privada e do campo: uso de aplicativo móvel e *website* como estratégias de equidade frente aos desafios do ensino de conteúdos de eletroquímica via remota**", sob a responsabilidade dos pesquisadores Maraína Medeiros Fernandes, Sheila Cristina Canobre, Fábio Augusto Amaral, Simone Machado Goulart e Gabriel Augusto Costa de Freitas.

Nesta pesquisa nós estamos buscando investigar a possível existência de desigualdade na educação em três escolas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) em virtude da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), bem como desenvolver e utilizar um aplicativo móvel e *website* sobre conteúdos de eletroquímica como estratégias para tornar o ensino-aprendizagem mais dinâmico, facilitando a interação dos professores e alunos com as tecnologias.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para responsável legar por menor de 18 anos está sendo obtido pela pesquisadora Maraína Medeiros Fernandes, a qual aplicará presencialmente nas escolas, durante as aulas regulares, o termo com os participantes da pesquisa. O participante da pesquisa terá o tempo que for necessário para decidir participar ou não participar da pesquisa (conforme item IV da Resolução nº 466/2012 ou Capítulo. III da Resolução nº 510/2016).

Na participação do(a) menor sob sua responsabilidade, ele(a) ela irá responder quatro questionários (formulários eletrônicos) sobre a situação do Ensino Remoto Emergencial adotado na escola, os aspectos positivos e negativos do aplicativo e *website* que serão desenvolvidos como ferramentas auxiliares ao processo ensino-aprendizagem dos alunos e as percepções dos alunos acerca dos conteúdos de eletroquímica no cotidiano (antes e após a intervenção proposta). Cada questionário será composto de 15 questões com um tempo estimado de 30 a 50 minutos para respondê-lo. Além dos questionários, o participante da pesquisa será submetido a um concurso de desenhos para a escolha da logomarca do aplicativo e *website*. Ao final da pesquisa, o participante será submetido a aulas sobre os conteúdos de eletroquímica partindo-se do uso do aplicativo e *website* desenvolvidos, a fim de avaliar as potencialidades e limitações dessas ferramentas como estratégia complementar ao trabalho docente. Ressalta-se ainda que essas atividades sejam desenvolvidas na presença do professor regente. Durante os procedimentos de coleta de dados o participante da pesquisa poderá acionar a pesquisadora, Maraína Medeiros Fernandes, para assistência necessária e caso se sinta desconfortável poderá deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de justificativa. A pesquisadora indicada anteriormente atenderá as orientações da Resolução nº 510/16, Capítulo VI, Art. 28: IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Em nenhum momento, nem o(a) menor e nem você serão identificados. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a identidade dele(a) e a sua serão preservadas.

Nem ele(a) e nem você terão gastos e nem ganhos financeiros por participar na pesquisa.

Havendo algum dano decorrente da pesquisa, você terá direito a solicitar indenização através das vias judiciais (Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954 e Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 19).

Rubrica do Participante | Rubrica do Pesquisador

1/2

O envolvimento na pesquisa e a incerteza de seu resultado pode trazer algum grau de apreensão pelos participantes da pesquisa. Os possíveis riscos da presente pesquisa são mínimos e consistem em: Constrangimento ao responder o instrumento de coleta de dados (questionários); Medo de não saber responder e/ou de ser identificado; Cansaço ou vergonha ao responder as perguntas; Estresse e; Desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante a realização das estratégias pedagógicas em aula. Apesar de serem mínimos os riscos, os pesquisadores garantem que será dada toda assistência aos participantes da pesquisa e aos seus respectivos responsáveis para assegurar a confidencialidade, privacidade e proteção da imagem dos envolvidos, além de garantir a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidade escolar. Os benefícios aos participantes da pesquisa serão por tempo indeterminado, sendo eles: Valorização da experiência cotidiana dos alunos e professores durante o ensino remoto; Acesso gratuito ao recurso educativo que será desenvolvido (aplicativo e *website*) para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica e; Sensibilização da sociedade a respeito da importância destes na construção do conhecimento científico.

A qualquer momento, você poderá retirar o seu consentimento para que o(a) menor sob sua responsabilidade participe da pesquisa. Garantimos que não haverá coação para que o consentimento seja mantido, nem que haverá prejuízo ao(à) menor sob sua responsabilidade. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos dados do(a) menor sob sua responsabilidade da pesquisa.

O(A) menor sob sua responsabilidade também poderá retirar seu assentimento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, ela também é livre para solicitar a retirada dos seus dados da pesquisa.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você, assinada e rubricada pelos pesquisadores.

Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora, Maraína Medeiros Fernandes, por meio do telefone (64) 9 9238-4202 ou pelo endereço eletrônico maraina.medeiros@ufu.br.

Você poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, *campus* Santa Mônica – Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail **cep@propp.ufu.br**. O CEP/UFU é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Itumbiara, ... de ..... de 20.....

_____

Assinatura do(s) pesquisador(es)

Eu, responsável legal pelo(a) menor (nome do(a) menor) _____ consinto a sua participação na pesquisa citada acima, após ter sido devidamente esclarecido.

_____

Assinatura do(a) responsável pelo(a) participante da pesquisa

_____ _____

Rubrica do Participante Rubrica do Pesquisador

Assinatura do(a) participante da pesquisa

Rubrica do Participante

Rubrica do Pesquisador

APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) - AOS DISCENTES

TERMO DE ASSENTIMENTO PARA O MENOR ENTRE 12 E 18 ANOS INCOMPLETOS

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada "**Impactos da pandemia na educação pública, privada e do campo: uso de aplicativo móvel e *website* como estratégias de equidade frente aos desafios do ensino de conteúdos de eletroquímica via remota"**, sob a responsabilidade dos pesquisadores Maraína Medeiros Fernandes, Sheila Cristina Canobre, Fábio Augusto Amaral, Simone Machado Goulart e Gabriel Augusto Costa de Freitas. Nesta pesquisa nós buscamos investigar a possível existência de desigualdade na educação em três escolas de Itumbiara-GO (pública, privada e do campo) em virtude da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), bem como desenvolver e utilizar um aplicativo móvel e *website* sobre conteúdos de eletroquímica como estratégias para tornar o ensino-aprendizagem mais dinâmico, facilitando a interação dos professores e alunos com as tecnologias.

O Termo de Assentimento está sendo obtido pela pesquisadora Maraína Medeiros Fernandes, a qual aplicará presencialmente nas escolas, durante as aulas regulares, o termo com os participantes da pesquisa. O participante da pesquisa terá o tempo que for necessário para decidir participar ou não participar da pesquisa (conforme item IV da Resolução nº 466/2012 ou Capítulo. III da Resolução nº 510/2016).

Na sua participação, você irá responder quatro questionários (formulários eletrônicos) sobre a situação do Ensino Remoto Emergencial adotado na escola, os aspectos positivos e negativos do aplicativo e *website* que serão desenvolvidos como ferramentas auxiliares ao processo ensino-aprendizagem dos alunos e as percepções dos alunos acerca dos conteúdos de eletroquímica no cotidiano (antes e após a intervenção proposta). Cada questionário será composto de 15 questões com um tempo estimado de 30 a 50 minutos para respondê-lo. Além dos questionários, você será submetido a um concurso de desenhos para a escolha da logomarca do aplicativo e *website*. Ao final da pesquisa, você participará de aulas sobre os conteúdos de eletroquímica partindo-se do uso do aplicativo e *website* desenvolvidos, a fim de avaliar as potencialidades e limitações dessas ferramentas como estratégia complementar ao trabalho docente. Ressalta-se, ainda, que essas atividades sejam desenvolvidas na presença do professor regente. Durante os procedimentos de coleta de dados você poderá acionar a pesquisadora, Maraína Medeiros Fernandes, para assistência necessária e caso se sinta desconfortável poderá deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de justificativa. A pesquisadora indicada anteriormente atenderá as orientações da Resolução nº 510/16, Capítulo VI, Art. 28: IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto e nem ganho financeiro por participar na pesquisa.

Havendo algum dano decorrente da pesquisa, você terá direito a solicitar indenização através das vias judiciais (Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954 e Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 19).

O envolvimento na pesquisa e a incerteza de seu resultado pode trazer algum grau de apreensão pelos participantes da pesquisa. Os possíveis riscos da presente pesquisa são mínimos e consistem em: Constrangimento ao responder o instrumento de coleta de dados (questionário); Medo de não saber responder e/ou de ser identificado; Cansaço ou

Rubrica do Participante Rubrica do Pesquisador

vergonha ao responder as perguntas; Estresse e; Desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante a realização das estratégias pedagógicas em aulas. Apesar de serem mínimos os riscos, os pesquisadores garantem que será dada toda assistência aos participantes da pesquisa e aos seus respectivos responsáveis para assegurar a confidencialidade, privacidade e proteção da imagem dos envolvidos, além de garantir a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidade escolar. Os benefícios aos participantes da pesquisa serão por tempo indeterminado, sendo eles: Valorização da experiência cotidiana dos alunos e professores durante o ensino remoto; Acesso gratuito ao recurso educativo que será desenvolvido (aplicativo e *website*) para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica e; Sensibilização da sociedade a respeito da importância destes na construção do conhecimento científico.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos seus dados da pesquisa. Mesmo seu responsável legal tendo consentido, você não é obrigado a participar da pesquisa se não quiser.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você, assinada e rubricada pela pesquisadora.

Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora, Maraína Medeiros Fernandes, por meio do telefone (64) 9 9238-4202 ou pelo endereço eletrônico maraina.medeiros@ufu.br.

Você poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, *campus* Santa Mônica – Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail **cep@propp.ufu.br**. O CEP/UFU é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Itumbiara, ____ de _____ de 20____.

_____

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

_____

Assinatura do participante de pesquisa

_____ _____

Rubrica do Participante Rubrica do Pesquisador

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO I (QI) SOBRE O ENSINO REMOTO NAS ESCOLAS - AOS DISCENTES

QUESTIONÁRIO I (QI)

Público-alvo: alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 1ª série do Ensino Médio.

Tempo estimado para responder o questionário: 30 minutos.

Objetivo do instrumento de coleta de dados: Caro (a) aluno (a), o presente questionário diagnóstico tem a pretensão de conhecer os desafios enfrentados pelos estudantes durante o Ensino Remoto Emergencial, levando-se em consideração alguns pontos como: a plataforma digital utilizada; as estratégias pedagógicas virtuais elaboradas pelos professores e; as aulas assíncronas e síncronas adotadas por cada escola participante da pesquisa. Nesse sentido, contamos com a sua contribuição para desenhar um panorama da situação do Ensino Remoto Emergencial vivenciado pelas três escolas selecionadas neste estudo conduzido pela professora Dra. Sheila Cristina Canobre do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a discente de doutorado do Programa de Pós-graduação em Química da UFU, Maraína Medeiros Fernandes. Desde já, agradecemos a sua participação!

Metodologia de aplicação do questionário: O presente instrumento de coleta de dados será transferido para um aplicativo de gerenciamento de pesquisas gratuito (*Google Forms*) a fim de se obter os dados da pesquisa de forma simples, eficiente e virtual. Ademais, o uso do *Google Forms* como instrumento para coletar os dados da pesquisa se justifica por se tratar de uma ferramenta digital pedagógica extremamente utilizada para facilitar o processo ensino-aprendizagem na modalidade remota.

Perfil do aluno
1 - Em qual escola você está matriculado (a)? ( ) Escola Pública – EPu ( ) Escola Privada – EPr ( ) Escola do Campo – EC
2 - Em qual etapa da educação básica você está matriculado (a)? ( ) 9º ano do Ensino Fundamental ( ) 1ª série do Ensino Médio
Aulas presenciais X aulas virtuais
3 - Para você, o que significa participar das aulas de forma presencial? ( ) É bom, pois há um contato direto e constante com os colegas e professores. ( ) É bom, pois participamos de atividades diferenciadas na escola. ( ) É bom, pois temos merenda escolar todos os dias. ( ) Não é bom, pois tenho preguiça de ir à escola. ( ) Não é bom, pois não consigo realizar as atividades propostas pelos professores quando estou nas dependências da escola. ( ) Não é bom, pois tenho que fazer as avaliações individualmente na presença do professor. ( ) Outras alternativas. _____

4 - Em sua opinião, como foram as aulas via remota da sua escola?

( ) Cansativas, pois exigiu mais dos alunos.
( ) Ruins, pois não consigo me concentrar nas aulas, estando no ambiente familiar.
( ) Desafiadoras, pois me fizeram adaptar às novas plataformas digitais.
( ) Satisfatórias, pois consegui aprender com mais facilidade pela *internet* e realizando pesquisas de forma individual.
( ) Essenciais, pois evitaram que eu perdesse o ano letivo.
( ) Boas, pois as provas eram resolvidas em grupo, facilitando a cópia de conteúdos e, consequentemente, a aprovação nas disciplinas cursadas.
( ) Outras alternativas. _____

5 - No contexto do ensino remoto, qual foi a postura desempenhada pelos professores? É possível marcar mais de uma alternativa.

( ) Eles foram importantes para o sucesso da aprendizagem dos conteúdos.
( ) Eles entenderam as dificuldades dos alunos e ajudaram a superá-las.
( ) Incentivaram os alunos a todo momento a não desistirem dos estudos.
( ) Foram extremamente pacientes com os estudantes quando estes demoravam a entender a matéria.
( ) Apresentaram diversas sugestões alternativas de materiais didáticos para auxiliar os alunos na realização das atividades propostas.
( ) Não foram atenciosos com os alunos no acompanhamento das atividades escolares.
( ) Não abordaram os conteúdos de forma clara e objetiva, ocasionando dificuldades no processo de ensino-aprendizagem.
( ) Não se adaptaram ao ensino via remota.
( ) Nenhuma das alternativas.

6 - Qual(is) conteúdo(s) de Ciências ou de Química que você sentiu maior dificuldade de aprender? Qual(is) solução(ões) alternativa(s) você recorreu para tirar as dúvidas dos conteúdos difíceis?

R: _____

Plataforma digital adotada na escola

7 - Qual a plataforma digital adotada por sua escola durante o Ensino Remoto Emergencial?

R: _____

8 - Quais são as principais características da plataforma digital adotada por sua escola no ensino remoto? É possível marcar mais de uma alternativa.

( ) A plataforma é de uso off-line, isto é, não há gastos com pacotes de *internet* para acessá-la.
( ) Apresenta um *layout* chamativo e bastante intuitivo durante a navegação.
( ) Apresenta fóruns, chat, grupos e caixa de mensagens para interação entre professores e alunos.
( ) O estudante tem acesso a um espaço customizável na plataforma digital que o permite cadastrar o seu perfil, ter seu calendário de atividades, acessar suas notas e o seu desempenho nas atividades.
( ) Permite o *download* de arquivos para estudos (textos, vídeos, imagens).
( ) As provas elaboradas pelos professores são realizadas na mesma plataforma digital com suporte para correção automática, espaços para questões dissertativas e *upload* de arquivos.
( ) O ambiente virtual dispõe de suporte para conteúdo de diversos formatos (.pdf, .docx, .jpeg, e outros).
( ) A plataforma oferece acesso a relatórios de desempenho individuais e coletivos que permitem um diagnóstico do processo ensino-aprendizagem.
( ) Outras características. _____

9 - Quais as principais dificuldades encontradas por você durante as aulas remotas da escola?

( ) As plataformas digitais são instáveis e travam constantemente.
( ) O ensino remoto facilita a minha dispersão na *web* e/ou redes sociais durante a realização das atividades na plataforma digital.
( ) Tenho dificuldades em usar os recursos disponíveis nas plataformas digitais.
( ) Não consigo organizar o meu tempo de estudos e lazer, o que impossibilita a entrega das atividades concluídas.
( ) Não consigo me concentrar nas aulas, estando em meu ambiente familiar.
( ) Não tinha estímulo para assistir às aulas em virtude dos sintomas da covid ou devido à perda de um familiar e/ou amigo (a).
( ) Outras._____

Treinamento para uso da plataforma digital

10 - Com a transição do sistema educacional presencial para o virtual, houve algum tipo de treinamento com os alunos para o uso adequado da plataforma digital adotada pela escola?

( ) Sim, antes do início das atividades remotas.
( ) Parcialmente, após o planejamento e início desafiador das atividades nas plataformas digitais de aprendizagem.
( ) Não, aprendi na prática do dia-a-dia ou com o auxílio dos familiares e/ou colegas de classe ou docentes.

Conhecimento básico de informática

11 - Em uma escala de 0 a 10, qual o seu nível de familiaridade com a informática?

( ) 0 - ruim
( ) 1 a 4 - boa
( ) 5 a 8 - razoável
( ) 9 a 10 - ótima

Acesso a recursos materiais e a *internet*

12 - Durante as aulas remotas, como estava a sua situação de acesso a recursos audiovisuais e à *internet*?

( ) Não tinha acesso à *internet* e, por isso, desisti de estudar.
( ) Não tinha acesso à *internet*, porém recorria aos parentes, vizinhos, amigos ou lugares de acesso público para ter acesso às aulas remotas.
( ) Tinha acesso à *internet* apenas quando os pais ou responsáveis chegavam em casa e emprestavam o celular deles para assistir às aulas.
( ) Tinha celular com acesso à *internet* (4G/*wi-fi*) e/ou computador de mesa ou *notebook* com acesso à *internet* (*wi-fi*).
( ) Nenhuma das alternativas.

13 - A escola deu condições materiais e de acesso à *internet* para a realização das atividades remotas?

( ) Sim, apenas com material impresso.
( ) Sim, apenas com material impresso e pacote de *internet*.
( ) Sim, com material impresso, empréstimo de computadores, pacote de *internet* e doação de cesta básica.
( ) Não foi dado nenhum tipo de apoio material e/ou de acesso à *internet*.
( ) Outros._____

Uso frequente de ferramentas e aplicativos

14 - Qual(is) das seguintes ferramentas/aplicativos você frequentemente utilizou para auxiliar no desenvolvimento de suas atividades escolares remotas?

( ) *WhatsApp*
( ) *YouTube*
( ) *Facebook* e *Messenger*
( ) *Instagram*
( ) *Google Meet*
( ) *Microsoft Teams*
( ) *E-mail*
( ) Outros. _____

Importância do ambiente escolar para o aluno

15 - Em sua opinião, qual a importância da escola na vida do aluno?

( ) A escola permite, por meio da convivência, a troca de conhecimentos, amadurecimento intelectual e contribuí para o convívio social.
( ) É responsável pelo conhecimento adquirido ao longo dos anos.
( ) Ela permite entender cientificamente os acontecimentos cotidianos.
( ) É responsável pelo bom convívio social.
( ) A escola estimula o pensamento crítico do indivíduo e a sua autonomia na sociedade.
( ) Ela prepara intelectualmente o indivíduo e orienta no processo de escolha do curso superior e de carreira.
( ) Outro. _____

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO I (QI) SOBRE O ENSINO REMOTO NAS ESCOLAS - AOS DOCENTES

QUESTIONÁRIO I (QI)

Público-alvo: professores de Ciências e de Química.

Tempo estimado para responder o questionário: 30 minutos.

Objetivo do instrumento de coleta de dados: Caro docente, o presente questionário diagnóstico tem a pretensão de conhecer os desafios enfrentados pelos educadores durante o Ensino Remoto Emergencial, levando-se em consideração alguns pontos como: a plataforma digital utilizada; as estratégias pedagógicas virtuais elaboradas pelos professores e; as aulas assíncronas e síncronas adotadas por cada escola participante da pesquisa. Nesse sentido, contamos com a sua contribuição para desenhar um panorama da situação do Ensino Remoto Emergencial vivenciado pelas três escolas selecionadas neste estudo conduzido pela professora Dra. Sheila Cristina Canobre do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a discente de doutorado do programa de pós-graduação em química da UFU Maraína Medeiros Fernandes. Desde já, agradecemos a sua participação!

Metodologia de aplicação do questionário: O presente instrumento de coleta de dados será transferido para um aplicativo de gerenciamento de pesquisas gratuito (*Google Forms*) a fim de se obter os dados da pesquisa de forma simples, eficiente e virtual. Ademais, o uso do *Google Forms* como instrumento para coletar os dados da pesquisa se justifica por se tratar de uma ferramenta digital pedagógica extremamente utilizada para facilitar o processo ensino-aprendizagem na modalidade remota.

Perfil do professor
1 - Em qual escola você atua como docente? ( ) Escola Pública – EPu ( ) Escola Privada – EPr ( ) Escola do Campo – EC
2 - Em qual disciplina você atua como docente na escola? ( ) Ciências ( ) Química
Aulas presenciais X aulas virtuais
3 - Para você, o que significa ministrar suas aulas de forma presencial? ( ) É bom, pois há um contato direto e constante com os alunos e professores. ( ) É bom, pois permite desenvolver atividades diferenciadas na escola. ( ) É bom, pois temos que planejar o conteúdo a ser abordado dentro do tempo estipulado da aula. ( ) Não é bom, pois moro longe da escola em que trabalho. ( ) Não é bom, pois não consigo adaptar minha rotina de trabalho com as questões pessoais (atividades domésticas, acompanhamento dos filhos, lazer e outros). ( ) Outras alternativas. _____

4 - Em sua opinião, como foi sua experiência ao ministrar aulas virtuais?

( ) Cansativa, pois exigiu mais dedicação no planejamento e execução das aulas/atividades virtuais e no atendimento aos alunos.
( ) Ruim, pois não sei usar os recursos disponíveis nas plataformas digitais.
( ) Desafiadora, pois me fizeram adaptar aos novos métodos de ensino-aprendizagem virtuais.
( ) Satisfatória, pois consegui inovar nas estratégias pedagógicas e atrair a atenção e participação dos alunos durante as aulas.
( ) Essencial, pois evitou que eu perdesse o emprego.
( ) Outras alternativas. _____

5 - No contexto do ensino remoto, quais foram as principais dificuldades enfrentadas pelos docentes? É possível marcar mais de uma alternativa.

( ) Dificuldade de adaptação da Educação Básica (Ensino Fundamental ou Ensino Médio) à nova modalidade de ensino.
( ) Ausência de oferta de capacitação no uso das plataformas digitais.
( ) Problemas de conectividade e falta de suporte durante as instabilidades das plataformas digitais.
( ) Pouca participação dos alunos na realização das atividades propostas e durante a aula.
( ) Esgotamento físico e mental pelo excesso de trabalho, exaustão no enfrentamento da COVID-19 e, principalmente, o sofrimento diário pela dor da perda de familiares e amigos vítimas da doença.
( ) Houve apenas algumas dificuldades já habituais e que logo foram solucionadas.
( ) Nenhuma das alternativas.

6 - Qual(is) desafio(s) você enfrentou para ministrar conteúdos de Ciências ou de Química de forma remota? Cite as soluções alternativas que você utilizou para resolver esses desafios.

R: _____

Plataforma digital adotada na escola

7 - Qual a plataforma digital adotada por sua escola durante o Ensino Remoto Emergencial? A plataforma digital adotada facilitou ou dificultou o processo ensino-aprendizagem na modalidade remota?

R: _____

8 - Quais são as principais características da plataforma digital adotada por sua escola no ensino remoto? É possível marcar mais de uma alternativa.

( ) A plataforma é de uso off-line, isto é, não há gastos com pacotes de *internet* para acessá-la.
( ) Apresenta um *layout* chamativo e bastante intuitivo durante a navegação.
( ) Apresenta fóruns, chat, grupos e caixa de mensagens para interação entre professores e alunos.
( ) O estudante tem acesso a um espaço customizável na plataforma digital que o permite cadastrar o seu perfil, ter seu calendário de atividades, acessar suas notas e o seu desempenho nas atividades.
( ) Permite o *download* de arquivos para estudos (textos, vídeos, imagens).
( ) As provas elaboradas pelos professores são realizadas na mesma plataforma digital com suporte para correção automática, espaços para questões dissertativas e *upload* de arquivos.
( ) O ambiente virtual dispõe de suporte para conteúdo de diversos formatos (.pdf, .docx, .jpeg, e outros).
( ) A plataforma oferece acesso a relatórios de desempenho individuais e coletivos que permitem um diagnóstico do processo ensino-aprendizagem.
( ) Outras características. _____

9 - Como você, docente, avalia as aulas remotas realizadas na sua escola?

( ) Estressantes, pois as plataformas digitais são instáveis e travam constantemente.
( ) Inviáveis, pois o ensino remoto facilita a dispersão do aluno na web e/ou redes sociais durante a realização das atividades na plataforma digital.
( ) Limitantes, pois tenho dificuldades em usar os recursos disponíveis nas plataformas digitais.
( ) Injustas, pois a maioria dos alunos não conseguem entregar as atividades concluídas por diferentes motivos.
( ) Desmotivadora, pois os alunos não participam efetivamente das aulas/atividades e colam todo o conteúdo das avaliações.
( ) Outras._____

Treinamento para uso da plataforma digital

10 - Com a transição do sistema educacional presencial para o virtual, houve algum curso de capacitação oferecido aos professores para o uso adequado da plataforma digital adotada pela escola?

( ) Sim, antes do início das atividades remotas.
( ) Parcialmente, após o planejamento e início desafiador das atividades nas plataformas digitais de aprendizagem.
( ) Não, aprendi na prática do dia-a-dia por meio de tutoriais na *web* ou com o auxílio dos familiares e/ou colegas de trabalho.

Conhecimento básico de informática

11 - Em uma escala de 0 a 10, qual o seu nível de familiaridade com a informática?

( ) 0 - ruim
( ) 1 a 4 - boa
( ) 5 a 8 - razoável
( ) 9 a 10 - ótima

Acesso a recursos materiais e a *internet*

12 - Durante as aulas remotas, como estava a sua situação de acesso a recursos audiovisuais e à *internet*?

( ) Não tinha acesso à *internet*/computador/celular e, por isso, desisti de dar aulas.
( ) Não tinha acesso à *internet*, porém recorria aos parentes, vizinhos, amigos ou lugares de acesso público para ministrar as aulas remotas.
( ) Não tinha acesso à *internet* e recursos materiais, porém a escola deu todo suporte para desenvolver a atividade acadêmica.
( ) Tinha acesso à *internet* apenas pelo celular.
( ) Tinha celular com acesso à *internet* (4G/*wi-fi*) e/ou computador de mesa ou *notebook* com acesso à *internet* (*wi-fi*) e impressora/escâner.
( ) Nenhuma das alternativas.

13 - A escola deu condições materiais e de acesso à *internet* para a realização das atividades remotas?

( ) Sim, apenas com material impresso.
( ) Sim, apenas com material impresso e pacote de *internet*.
( ) Sim, apenas com o empréstimo de computadores/*notebooks*.
( ) Sim, com material impresso, empréstimo de computadores e pacote de *internet*.
( ) Não foi dado nenhum tipo de apoio material e/ou de acesso à *internet*.
( ) Outros._____

Uso frequente de ferramentas e aplicativos

14 - Qual(is) das seguintes ferramentas/aplicativos você frequentemente utilizou com seus alunos para auxiliar no acompanhamento das atividades escolares remotas?

( ) *WhatsApp*
( ) *YouTube*
( ) *Facebook* e *Messenger*
( ) *Instagram*
( ) *Google Meet*
( ) *Microsoft Teams*
( ) *E-mail*
( ) Outros. _____

Importância do professor no ambiente escolar

15 - Em sua opinião, qual(is) a(s) responsabilidade(s) do professor no desenvolvimento intelectual de seus estudantes?

( ) Atuar em consonância com os princípios do Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola, compreendendo o seu papel no processo e cumprindo suas metas.
( ) Compreender o aluno de forma integral no que tange às necessidades de cunho intelectual, físico, emocional, social e cultural.
( ) Conhecer a realidade do aluno, da família e da comunidade escolar.
( ) Estimular os alunos a alcançar seus objetivos de vida.
( ) Compartilhar desafios e propor estratégias articuladas que correspondam às demandas dos alunos.
( ) Outros. _____

APÊNDICE F – PLANO DE ENSINO - ESCOLA DO CAMPO

UFU	**Universidade Federal de Uberlândia - UFU** **Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI** **Instituto de Química - IQ** **Projeto de Doutorado**
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Identificação		
Disciplina: Ciências		
Instituição de ensino: Escola do Campo - EC		**Ano/Semestre letivo:** 2022-2
Série: 9º ano do Ensino Fundamental	**Turno:** (**X**) Matutino (**X**) Vespertino ( ) Noturno	**Quantidade de turmas:** 1
Docente: Maraína Souza Medeiros		

Pré-requisitos
Química geral

Ementa
Conceituação de reações oxirredução; Definição de oxidação e de redução; Regras de determinação do número de oxidação (Nox); Reação de oxirredução espontânea e não espontânea, com ênfase no potencial padrão de redução e de oxidação; Conceito de agente oxidante e agente redutor; Aplicações da eletroquímica no cotidiano; Definição de pilhas e baterias; Pilha de Daniell (contexto histórico); Conceito de eletrólise (ígnea e em meio aquoso) e; Funcionamento de uma pilha caseira - Pilha de limão com moedas.

Objetivos
Conhecer os processos químicos de oxirredução que ocorrem em metais a partir de situações do cotidiano. Aprender princípios básicos de eletroquímica (pilhas e baterias) aplicados ao cotidiano e, assim, entender a relação existente entre reações de oxirredução e corrente elétrica.

Conteúdo Programático

Aula	Data	Horário	Ementa	Conteúdo
01	25/10/22	13:30 às 15:10	Apresentação do projeto aos alunos e professor (a) regente, e aplicação de questionário diagnóstico.	- Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de Doutorado; - Convite aos alunos e professor (a) regente para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; - Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; - Pesquisa diagnóstica quanto à percepção discente e docente em relação ao contexto do ensino remoto.
02	09/11/22	10:45 às 11:35	Reações de oxirredução e aplicação de questionário diagnóstico.	- Pesquisa diagnóstica quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos básicos envolvendo reações redox e eletroquímica; - Definição de reação de oxirredução; - Conceitos de oxidação e redução; - Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; - Espontaneidade de reações oxirredução e potenciais padrões de oxidação e de redução; - Resolução de exercícios; - Aplicações no cotidiano.
03	22/11/22	14:20 às 15:10	Eletroquímica e o cotidiano (pilhas e baterias).	- Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; - Conceituação de pilhas e baterias; - Impactos ambientais decorrentes do descarte

	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
UFU	**Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"**

				inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente; - Pilha de Daniell; - Eletrólise ígnea e em meio aquoso; - Resolução de exercícios; - Material suplementar (como montar uma pilha caseira – Pilha de limão com moedas) (atividade prática envolvendo a participação dos alunos).
04	28/11/22	08:00 às 08:50	Execução do aplicativo/*website* sobre eletroquímica no cotidiano.	- Uso, em sala de aula, do aplicativo e *website* desenvolvidos sobre eletroquímica como estratégia avaliativa do desempenho dos alunos.
05	28/11/22	08:00 às 08:50	Aplicação de instrumentos avaliativos (questionários para coleta de dados)	- Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos e professor (a) regente quanto aos limites e potencialidades do *app* e *website* como proposta de ferramenta suplementar ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica. - Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos para verificar a evolução do conhecimento destes sobre eletroquímica após as intervenções.

Competências/Habilidades

- ✓ Aplicar os conceitos de oxirredução para identificação e balanceamento de equações químicas;
- ✓ Identificar reações de oxirredução no cotidiano;
- ✓ Executar o balanceamento de equações de oxirredução de diversas maneiras;
- ✓ Identificar a ocorrência de um processo eletroquímico;
- ✓ Identificar a formação de uma pilha eletroquímica e o seu mecanismo de funcionamento;
- ✓ Discutir fatores financeiros, sociais e ambientais relacionados ao descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente;
- ✓ Reconhecer a importância de ferramentas virtuais, como aplicativo e *website*, com enfoque no cotidiano para melhor compreensão de conceitos eletroquímicos;
- ✓ Articular o conhecimento em eletroquímica com os demais conhecimentos de áreas correlatas à Química para, assim, ampliar a formação do aluno.

Metodologia

A sequência didática do projeto "Eletroquímica no cotidiano" é composta de 5 (cinco) aulas expositivas, dialogadas e práticas. Para melhor compreensão dos objetivos do projeto e dos conteúdos abordados em eletroquímica, adotou-se uma abordagem metodológica que perpasse pelo cotidiano do aluno, uma vez que a construção do conhecimento não se deve pautar somente na repetição de fórmulas, regras e conceitos envolvendo oxirredução e processos eletroquímicos. Nesse sentido, os (as) alunos (as) serão estimulados (as) continuamente a construir o conhecimento sobre eletroquímica a partir de situações cotidianas, enfatizando-se o espírito questionador e investigativo do (a) aluno (a). Para participar das aulas, é imprescindível que o (a) aluno (a) tenha disponível celular, *notebook* ou *tablet* com acesso à internet para realização das atividades propostas. Assim sendo, para melhor compreensão da estratégia metodológica adotada na presente sequência didática, será apresentado a seguir como se dará a abordagem metodológica em cada aula.

***Aula 01:** Apresentação do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano"

Inicialmente, será exposta aos alunos e professor (a) regente da turma, uma breve apresentação de slides para explicar de forma sucinta os objetivos do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano". Os assuntos a serem abordados nessa apresentação inicial são: Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de doutorado; Convite para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; Como acessar a plataforma Moodle, instagram e WhatsApp e; Pesquisa de avaliação da percepção dos discentes e docentes em relação ao contexto do ensino remoto. Este momento inicial terá duração de 25 minutos. Caso os alunos e professor (a) regente apresentem alguma dúvida, estas serão sanadas ao longo das aulas ou por meio dos canais de comunicação da

pesquisadora (WhatsApp e email). Para finalizar, será entregue aos alunos e professor (a) (participantes da pesquisa), o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respectivamente, para que sejam assinados e entregues para a pesquisadora na próxima aula. Os documentos citados serão entregues aos participantes na versão impressa e disponibilizados na versão *online* na plataforma Moodle.

No segundo e último momento, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle por meio da credencial de acesso pessoal (email pessoal disponibilizado pela escola e senha padrão). Após o primeiro acesso, os alunos deverão clicar no item "Questionário I - Aos alunos (QI)" para responderem a pesquisa de investigação sobre o contexto do ensino remoto vivenciado pelos educandos. Estes terão até 25 minutos para responder o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também deverá responder a pesquisa de investigação do contexto do ensino remoto vivenciado pelos docentes. No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

***Aula 02:** Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos e reações de oxirredução

No primeiro momento da aula serão recolhidos os documentos "TALE" e "TCLE" devidamente assinados pelos alunos e seus respectivos responsáveis, nos quais autorizam legalmente a participação dos alunos na pesquisa. O TCLE assinado pelo docente também será recolhido neste momento. Em seguida, será reforçado aos alunos que participem da "batalha de *stories*" no instagram do projeto para a escolha das três melhores logomarcas (primeira fase do concurso). Ao docente regente será orientado que responda ao questionário enviado para escolha da logomarca oficial do aplicativo e *website* (segunda fase do concurso). Na sequência, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem uma pesquisa diagnóstica, isto é, um questionário eletrônico que visa investigar os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conteúdos básicos de eletroquímica. Para isso, os alunos terão até 25 minutos para responder o questionário eletrônico disponível no Moodle.

No segundo e último momento da aula, será apresentado aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos relacionados ao tema "reações de oxirredução": Definição de reação de oxirredução; Conceitos de oxidação e redução; Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; Agente redutor e agente oxidante; Espontaneidade de reações oxirredução, com ênfase nos potenciais padrões de redução e oxidação; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Aplicações de reações redox no cotidiano. Sempre ao término de cada momento, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

***Aula 03:** Eletroquímica no cotidiano (pilhas e baterias)

Com o auxílio de uma apresentação de slides previamente elaborada, no primeiro momento da aula será exposto aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos estruturantes do tema central "pilhas e baterias": Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; Conceituação de pilhas e baterias; Pilha de Daniell; Eletrólise ígnea e em meio aquoso; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Princípio de funcionamento de uma pilha caseira. Sempre ao término da explanação dos conteúdos, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este primeiro momento da aula terá duração de 25 minutos.

No segundo e último momento da aula, será solicitada a participação de um (a) aluno (a), de forma voluntária, para a realização da prática experimental denominada "Pilha de limão com moedas". Este momento consiste em revisar o conteúdo teórico apresentado anteriormente, promovendo-se a participação ativa dos alunos presentes em sala de aula. O procedimento experimental será disponibilizado na plataforma Moodle com antecedência, tanto na forma de vídeo quanto na forma de roteiro, para que os alunos possam montar a pilha caseira sem maiores dificuldades com o auxílio da pesquisadora. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

Ao finalizar a atividade experimental, os alunos serão orientados a resolverem uma atividade avaliativa extraclasse. A atividade denominada "Desafio da eletroquímica" tem por objetivo promover a leitura, interpretação e compreensão do conteúdo eletroquímico presente na tirinha publicada pelo jornal *O Popular* em 2005 (Hagar, o Horrível). Essa atividade será postada na plataforma Moodle e o (a) primeiro (a) aluno (a) que conseguir postar a resposta correta no ambiente Moodle será premiado (a) na 4ª aula dessa sequência didática.

Aula 04: Execução do aplicativo/*website* denominado "Eletroquímica no cotidiano"

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

No primeiro momento da aula, será apresentada e discutida com os alunos a resolução da atividade "Desafio da eletroquímica", seguida da premiação do (a) aluno (a) vencedor (a). Além disso, o (a) aluno (a) com a proposta de logomarca vencedora também será premiado (a). Os prêmios serão de cunho educativo a fim de reforçar positivamente a construção contínua do conhecimento pelos alunos.

Em um segundo momento da aula, os alunos serão instruídos a realizar o *download* do aplicativo "Eletroquímica no cotidiano", o qual foi desenvolvido para promover o aprendizado do aluno sem a presença efetiva do (a) professor (a). Além disso, será apresentado o *website* que foi criado com a mesma finalidade. Neste momento os alunos poderão explorar as duas ferramentas educativas, sanar dúvidas e, inclusive, resolver os exercícios propostos.

Ao fim da aula, os alunos serão orientados a explorarem com afinco as duas ferramentas virtuais a fim de prepará-los para as atividades avaliativas da próxima aula (questionários avaliativos).

***Aula 05:** Aplicação de instrumentos avaliativos

No primeiro momento da aula será solicitado que os alunos acessem a plataforma Moodle e cliquem no item "Questionário II - Aos alunos (QII)" para responderem a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e *website*). O questionário tem por objetivo verificar, na percepção dos alunos, os limites e potencialidades dos produtos educacionais virtuais para o ensino de conteúdos de eletroquímica. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também responderá a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e website). No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

No segundo e último momento da aula, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem um segundo questionário. Este denominado "Questionário sobre conteúdos de eletroquímica (após intervenção)" será reaplicado neste momento a fim de verificar a evolução do desempenho do aluno após a aplicação das estratégias pedagógicas estruturadas para a presente sequência didática. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula.

Ao final da aula, será realizado um breve agradecimento aos alunos e professores que participaram ao longo de toda a sequência didática.

Recursos Didáticos

- Quadro branco (recurso da escola)
- Pincéis coloridos (recurso da pesquisadora)
- Apagador (recurso da pesquisadora)
- Notebook (recurso da pesquisadora)
- Projetor multimídia (recurso da escola)
- Apresentação de slides (recurso da pesquisadora)
- Aplicativo e *website* "Eletroquímica no cotidiano" (recurso da pesquisadora)
- Plataforma Moodle (recurso da pesquisadora)
- Celular, *tablet* ou computador (recurso dos alunos)
- Calculadora, limões, fios, pregos, garras de jacaré, moedas de cobre e estilete para montagem da pilha caseira (atividade experimental) (recursos da pesquisadora)

Avaliação

A avaliação será processual. A cada finalização de uma aula os alunos serão avaliados por meio da participação em sala de aula (questionamentos sobre os conteúdos abordados) e na resolução das atividades propostas no Moodle, as quais podem citar: Resolução de exercícios de fixação presentes no aplicativo e *website*; Envio da proposta de logomarca para o *app*/*website*; Resolução do "Desafio da eletroquímica"; Interação nas redes sociais do projeto (WhatsApp e instagram); Resolução dos questionários eletrônicos e; Leitura dos materiais suplementares postados na plataforma Moodle. Para revisar o conteúdo estudado serão realizados em conjunto com os alunos exercícios para fixação do mesmo, os quais serão apresentados nos slides. Espera-se com essas estratégias avaliativas virtuais, tornar o processo de assimilação dos conteúdos pelos alunos mais prazeroso e menos apreensivo.

UFU	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Bibliografia

Bibliografia Básica:

- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química:** na abordagem do cotidiano. Volume único. 3ª ed. Moderna: São Paulo, 2007. 760 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 8ª ed. Saraiva: São Paulo, 2010. 800 p.

Bibliografia Complementar:

- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas.** v. 2. Cengage Learning: São Paulo, 2012. 404 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** Volume único. 7ª ed. Saraiva: São Paulo, 2006. 672 p.

Data	Assinatura
29/09/2022	Maraína Souza Medeiros **Maraína Souza Medeiros** (Pesquisadora - Doutorado em Química/UFU)

APÊNDICE G – PLANO DE ENSINO - ESCOLA PRIVADA/TURMA A

UFU	**Universidade Federal de Uberlândia - UFU** **Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI** **Instituto de Química - IQ** **Projeto de Doutorado**
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Identificação		
Disciplina: Química		
Instituição de ensino: Escola Privada - EPr		**Ano/Semestre letivo:** 2022-2
Série: 1ª série do Ensino Médio	**Turno:** (**X**) Matutino ( ) Vespertino ( ) Noturno	**Quantidade de turmas:** 1 (Turma A)
Docente: Maraína Souza Medeiros		

Pré-requisitos
Química geral

Ementa
Conceituação de reações oxirredução; Definição de oxidação e de redução; Regras de determinação do número de oxidação (Nox); Reação de oxirredução espontânea e não espontânea, com ênfase no potencial padrão de redução e de oxidação; Conceito de agente oxidante e agente redutor; Aplicações da eletroquímica no cotidiano; Definição de pilhas e baterias; Pilha de Daniell (contexto histórico); Conceito de eletrólise (ígnea e em meio aquoso) e; Funcionamento de uma pilha caseira - Pilha de limão com moedas.

Objetivos
Conhecer os processos químicos de oxirredução que ocorrem em metais a partir de situações do cotidiano. Aprender princípios básicos de eletroquímica (pilhas e baterias) aplicados ao cotidiano e, assim, entender a relação existente entre reações de oxirredução e corrente elétrica.

Conteúdo Programático

Aula	Data	Horário	Ementa	Conteúdo
01	24/10/22	11:00 às 11:50	Apresentação do projeto aos alunos e professor (a) regente, e aplicação de questionário diagnóstico.	- Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de Doutorado; - Convite aos alunos e professor (a) regente para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; - Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; - Pesquisa diagnóstica quanto à percepção discente e docente em relação ao contexto do ensino remoto.
02	01/11/22 e 10/11/22	10:00 às10:50 e 09:10 às10:00	Reações de oxirredução, aplicação de questionário diagnóstico e aplicações da eletroquímica.	- Pesquisa diagnóstica quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos básicos envolvendo reações redox e eletroquímica; - Definição de reação de oxirredução; - Conceitos de oxidação e redução; - Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; - Espontaneidade de reações oxirredução e potenciais padrões de oxidação e de redução; - Resolução de exercícios; - Aplicações no cotidiano.
03	10/11/22 e 25/11/22	09:10 às 10:00 e	Eletroquímica e o cotidiano (pilhas e baterias).	- Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; - Conceituação de pilhas e baterias; - Impactos ambientais decorrentes do descarte

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

		09:10 às 10:00		inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente; - Pilha de Daniell; - Eletrólise ígnea e em meio aquoso; - Resolução de exercícios; - Material suplementar (como montar uma pilha caseira – Pilha de limão com moedas) (atividade prática envolvendo a participação dos alunos).
04	02/12/22	08:00 às 08:50	Execução do aplicativo/*website* sobre eletroquímica no cotidiano.	- Uso, em sala de aula, do aplicativo e *website* desenvolvidos sobre eletroquímica como estratégia avaliativa do desempenho dos alunos.
05	02/12/22	08:00 às 08:50	Aplicação de instrumentos avaliativos (questionários para coleta de dados)	- Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos e professor (a) regente quanto aos limites e potencialidades do *app* e *website* como proposta de ferramenta suplementar ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica. - Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos para verificar a evolução do conhecimento destes sobre eletroquímica após as intervenções.

Competências/Habilidades

- ✓ Aplicar os conceitos de oxirredução para identificação e balanceamento de equações químicas;
- ✓ Identificar reações de oxirredução no cotidiano;
- ✓ Executar o balanceamento de equações de oxirredução de diversas maneiras;
- ✓ Identificar a ocorrência de um processo eletroquímico;
- ✓ Identificar a formação de uma pilha eletroquímica e o seu mecanismo de funcionamento;
- ✓ Discutir fatores financeiros, sociais e ambientais relacionados ao descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente;
- ✓ Reconhecer a importância de ferramentas virtuais, como aplicativo e *website*, com enfoque no cotidiano para melhor compreensão de conceitos eletroquímicos;
- ✓ Articular o conhecimento em eletroquímica com os demais conhecimentos de áreas correlatas à Química para, assim, ampliar a formação do aluno.

Metodologia

A sequência didática do projeto "Eletroquímica no cotidiano" é composta de 5 (cinco) aulas expositivas, dialogadas e práticas. Para melhor compreensão dos objetivos do projeto e dos conteúdos abordados em eletroquímica, adotou-se uma abordagem metodológica que perpasse pelo cotidiano do aluno, uma vez que a construção do conhecimento não se deve pautar somente na repetição de fórmulas, regras e conceitos envolvendo oxirredução e processos eletroquímicos. Nesse sentido, os (as) alunos (as) serão estimulados (as) continuamente a construir o conhecimento sobre eletroquímica a partir de situações cotidianas, enfatizando-se o espírito questionador e investigativo do (a) aluno (a). Para participar das aulas, é imprescindível que o (a) aluno (a) tenha disponível celular, *notebook* ou *tablet* com acesso à internet para realização das atividades propostas. Assim sendo, para melhor compreensão da estratégia metodológica adotada na presente sequência didática, será apresentado a seguir como se dará a abordagem metodológica em cada aula.

***Aula 01:** Apresentação do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano"

Inicialmente, será exposta aos alunos e professor (a) regente da turma, uma breve apresentação de slides para explicar de forma sucinta os objetivos do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano". Os assuntos a serem abordados nessa apresentação inicial são: Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de doutorado; Convite para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; Como acessar a plataforma Moodle, instagram e WhatsApp e; Pesquisa de avaliação da percepção dos discentes e docentes em relação ao contexto do ensino remoto. Este momento inicial terá duração de 25 minutos. Caso os alunos e professor (a) regente apresentem alguma dúvida, estas serão sanadas ao longo das aulas ou por meio dos canais de comunicação da

pesquisadora (WhatsApp e email). Para finalizar, será entregue aos alunos e professor (a) (participantes da pesquisa), o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respectivamente, para que sejam assinados e entregues para a pesquisadora na próxima aula. Os documentos citados serão entregues aos participantes na versão impressa e disponibilizados na versão *online* na plataforma Moodle.

No segundo e último momento, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle por meio da credencial de acesso pessoal (email pessoal disponibilizado pela escola e senha padrão). Após o primeiro acesso, os alunos deverão clicar no item "Questionário I - Aos alunos (QI)" para responderem a pesquisa de investigação sobre o contexto do ensino remoto vivenciado pelos educandos. Estes terão até 25 minutos para responder o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também deverá responder a pesquisa de investigação do contexto do ensino remoto vivenciado pelos docentes. No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

***Aula 02:** Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos e reações de oxirredução

No primeiro momento da aula serão recolhidos os documentos "TALE" e "TCLE" devidamente assinados pelos alunos e seus respectivos responsáveis, nos quais autorizam legalmente a participação dos alunos na pesquisa. O TCLE assinado pelo docente também será recolhido neste momento. Em seguida, será reforçado aos alunos que participem da "batalha de *stories*" no instagram do projeto para a escolha das três melhores logomarcas (primeira fase do concurso). Ao docente regente será orientado que responda ao questionário enviado para escolha da logomarca oficial do aplicativo e *website* (segunda fase do concurso). Na sequência, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem uma pesquisa diagnóstica, isto é, um questionário eletrônico que visa investigar os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conteúdos básicos de eletroquímica. Para isso, os alunos terão até 25 minutos para responder o questionário eletrônico disponível no Moodle.

No segundo e último momento da aula, será apresentado aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos relacionados ao tema "reações de oxirredução": Definição de reação de oxirredução; Conceitos de oxidação e redução; Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; Agente redutor e agente oxidante; Espontaneidade de reações oxirredução, com ênfase nos potenciais padrões de redução e oxidação; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Aplicações de reações redox no cotidiano. Sempre ao término de cada momento, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

***Aula 03:** Eletroquímica no cotidiano (pilhas e baterias)

Com o auxílio de uma apresentação de slides previamente elaborada, no primeiro momento da aula será exposto aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos estruturantes do tema central "pilhas e baterias": Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; Conceituação de pilhas e baterias; Pilha de Daniell; Eletrólise ígnea e em meio aquoso; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Princípio de funcionamento de uma pilha caseira. Sempre ao término da explanação dos conteúdos, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este primeiro momento da aula terá duração de 25 minutos.

No segundo e último momento da aula, será solicitada a participação de um (a) aluno (a), de forma voluntária, para a realização da prática experimental denominada "Pilha de limão com moedas". Este momento consiste em revisar o conteúdo teórico apresentado anteriormente, promovendo-se a participação ativa dos alunos presentes em sala de aula. O procedimento experimental será disponibilizado na plataforma Moodle com antecedência, tanto na forma de vídeo quanto na forma de roteiro, para que os alunos possam montar a pilha caseira sem maiores dificuldades com o auxílio da pesquisadora. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

Ao finalizar a atividade experimental, os alunos serão orientados a resolverem uma atividade avaliativa extraclasse. A atividade denominada "Desafio da eletroquímica" tem por objetivo promover a leitura, interpretação e compreensão do conteúdo eletroquímico presente na tirinha publicada pelo jornal *O Popular* em 2005 (Hagar, o Horrível). Essa atividade será postada na plataforma Moodle e o (a) primeiro (a) aluno (a) que conseguir postar a resposta correta no ambiente Moodle será premiado (a) na 4ª aula dessa sequência didática.

Aula 04: Execução do aplicativo/*website* denominado "Eletroquímica no cotidiano"

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

No primeiro momento da aula, será apresentada e discutida com os alunos a resolução da atividade "Desafio da eletroquímica", seguida da premiação do (a) aluno (a) vencedor (a). Além disso, o (a) aluno (a) com a proposta de logomarca vencedora também será premiado (a). Os prêmios serão de cunho educativo a fim de reforçar positivamente a construção contínua do conhecimento pelos alunos.

Em um segundo momento da aula, os alunos serão instruídos a realizar o *download* do aplicativo "Eletroquímica no cotidiano", o qual foi desenvolvido para promover o aprendizado do aluno sem a presença efetiva do (a) professor (a). Além disso, será apresentado o *website* que foi criado com a mesma finalidade. Neste momento os alunos poderão explorar as duas ferramentas educativas, sanar dúvidas e, inclusive, resolver os exercícios propostos.

Ao fim da aula, os alunos serão orientados a explorarem com afinco as duas ferramentas virtuais a fim de prepará-los para as atividades avaliativas da próxima aula (questionários avaliativos).

***Aula 05:** Aplicação de instrumentos avaliativos

No primeiro momento da aula será solicitado que os alunos acessem a plataforma Moodle e cliquem no item "Questionário II - Aos alunos (QII)" para responderem a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e *website*). O questionário tem por objetivo verificar, na percepção dos alunos, os limites e potencialidades dos produtos educacionais virtuais para o ensino de conteúdos de eletroquímica. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também responderá a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e website). No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

No segundo e último momento da aula, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem um segundo questionário. Este denominado "Questionário sobre conteúdos de eletroquímica (após intervenção)" será reaplicado neste momento a fim de verificar a evolução do desempenho do aluno após a aplicação das estratégias pedagógicas estruturadas para a presente sequência didática. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula.

Ao final da aula, será realizado um breve agradecimento aos alunos e professores que participaram ao longo de toda a sequência didática.

Recursos Didáticos

- Quadro branco (recurso da escola)
- Pincéis coloridos (recurso da pesquisadora)
- Apagador (recurso da pesquisadora)
- Notebook (recurso da pesquisadora)
- Projetor multimídia (recurso da escola)
- Apresentação de slides (recurso da pesquisadora)
- Aplicativo e *website* "Eletroquímica no cotidiano" (recurso da pesquisadora)
- Plataforma Moodle (recurso da pesquisadora)
- Celular, *tablet* ou computador (recurso dos alunos)
- Calculadora, limões, fios, pregos, garras de jacaré, moedas de cobre e estilete para montagem da pilha caseira (atividade experimental) (recursos da pesquisadora)

Avaliação

A avaliação será processual. A cada finalização de uma aula os alunos serão avaliados por meio da participação em sala de aula (questionamentos sobre os conteúdos abordados) e na resolução das atividades propostas no Moodle, as quais podem citar: Resolução de exercícios de fixação presentes no aplicativo e *website*; Envio da proposta de logomarca para o *app*/*website*; Resolução do "Desafio da eletroquímica"; Interação nas redes sociais do projeto (WhatsApp e instagram); Resolução dos questionários eletrônicos e; Leitura dos materiais suplementares postados na plataforma Moodle. Para revisar o conteúdo estudado serão realizados em conjunto com os alunos exercícios para fixação do mesmo, os quais serão apresentados nos slides. Espera-se com essas estratégias avaliativas virtuais, tornar o processo de assimilação dos conteúdos pelos alunos mais prazeroso e menos apreensivo.

UFU	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Bibliografia

Bibliografia Básica:

- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química:** na abordagem do cotidiano. Volume único. 3ª ed. Moderna: São Paulo, 2007. 760 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 8ª ed. Saraiva: São Paulo, 2010. 800 p.

Bibliografia Complementar:

- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas.** v. 2. Cengage Learning: São Paulo, 2012. 404 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** Volume único. 7ª ed. Saraiva: São Paulo, 2006. 672 p.

Data	Assinatura
03/10/2022	Maraína Souza Medeiros **Maraína Souza Medeiros** (Pesquisadora - Doutorado em Química/UFU)

APÊNDICE H – PLANO DE ENSINO - ESCOLA PRIVADA/TURMA B

UFU	**Universidade Federal de Uberlândia - UFU** **Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI** **Instituto de Química - IQ** **Projeto de Doutorado**
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Identificação		
Disciplina: Química		
Instituição de ensino: Escola Privada - EPr		**Ano/Semestre letivo:** 2022-2
Série: 1ª série do Ensino Médio	**Turno:** (**X**) Matutino ( ) Vespertino ( ) Noturno	**Quantidade de turmas:** 1 (Turma B)
Docente: Maraína Souza Medeiros		

Pré-requisitos
Química geral

Ementa
Conceituação de reações oxirredução; Definição de oxidação e de redução; Regras de determinação do número de oxidação (Nox); Reação de oxirredução espontânea e não espontânea, com ênfase no potencial padrão de redução e de oxidação; Conceito de agente oxidante e agente redutor; Aplicações da eletroquímica no cotidiano; Definição de pilhas e baterias; Pilha de Daniell (contexto histórico); Conceito de eletrólise (ígnea e em meio aquoso) e; Funcionamento de uma pilha caseira - Pilha de limão com moedas.

Objetivos
Conhecer os processos químicos de oxirredução que ocorrem em metais a partir de situações do cotidiano. Aprender princípios básicos de eletroquímica (pilhas e baterias) aplicados ao cotidiano e, assim, entender a relação existente entre reações de oxirredução e corrente elétrica.

Conteúdo Programático

Aula	Data	Horário	Ementa	Conteúdo
01	24/10/22	10:00 às 10:50	Apresentação do projeto aos alunos e professor (a) regente, e aplicação de questionário diagnóstico.	- Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de Doutorado; - Convite aos alunos e professor (a) regente para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; - Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; - Pesquisa diagnóstica quanto à percepção discente e docente em relação ao contexto do ensino remoto.
02	01/11/22 e 10/11/22	09:10 às 10:00 e 10:00 às 10:50	Reações de oxirredução, aplicação de questionário diagnóstico e aplicações da eletroquímica.	- Pesquisa diagnóstica quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos básicos envolvendo reações redox e eletroquímica; - Definição de reação de oxirredução; - Conceitos de oxidação e redução; - Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; - Espontaneidade de reações oxirredução e potenciais padrões de oxidação e de redução; - Resolução de exercícios; - Aplicações no cotidiano.
03	10/11/22 e 25/11/22	10:00 às 10:50 e	Eletroquímica e o cotidiano (pilhas e eletrólises).	- Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; - Conceituação de pilhas e baterias; - Impactos ambientais decorrentes do descarte

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

		10:00 às 10:50		inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente; - Pilha de Daniell; - Eletrólise ígnea e em meio aquoso; - Resolução de exercícios; - Material suplementar (como montar uma pilha caseira – Pilha de limão com moedas) (atividade prática envolvendo a participação dos alunos).
04	02/12/22	08:00 às 08:50	Execução do aplicativo/*website* sobre eletroquímica no cotidiano.	- Uso, em sala de aula, do aplicativo e *website* desenvolvidos sobre eletroquímica como estratégia avaliativa do desempenho dos alunos.
05	02/12/22	08:00 às 08:50	Aplicação de instrumentos avaliativos (questionários para coleta de dados)	- Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos e professor (a) regente quanto aos limites e potencialidades do *app* e *website* como proposta de ferramenta suplementar ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica. - Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos para verificar a evolução do conhecimento destes sobre eletroquímica após as intervenções.

Competências/Habilidades

- ✓ Aplicar os conceitos de oxirredução para identificação e balanceamento de equações químicas;
- ✓ Identificar reações de oxirredução no cotidiano;
- ✓ Executar o balanceamento de equações de oxirredução de diversas maneiras;
- ✓ Identificar a ocorrência de um processo eletroquímico;
- ✓ Identificar a formação de uma pilha eletroquímica e o seu mecanismo de funcionamento;
- ✓ Discutir fatores financeiros, sociais e ambientais relacionados ao descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente;
- ✓ Reconhecer a importância de ferramentas virtuais, como aplicativo e *website*, com enfoque no cotidiano para melhor compreensão de conceitos eletroquímicos;
- ✓ Articular o conhecimento em eletroquímica com os demais conhecimentos de áreas correlatas à Química para, assim, ampliar a formação do aluno.

Metodologia

A sequência didática do projeto "Eletroquímica no cotidiano" é composta de 5 (cinco) aulas expositivas, dialogadas e práticas. Para melhor compreensão dos objetivos do projeto e dos conteúdos abordados em eletroquímica, adotou-se uma abordagem metodológica que perpasse pelo cotidiano do aluno, uma vez que a construção do conhecimento não se deve pautar somente na repetição de fórmulas, regras e conceitos envolvendo oxirredução e processos eletroquímicos. Nesse sentido, os (as) alunos (as) serão estimulados (as) continuamente a construir o conhecimento sobre eletroquímica a partir de situações cotidianas, enfatizando-se o espírito questionador e investigativo do (a) aluno (a). Para participar das aulas, é imprescindível que o (a) aluno (a) tenha disponível celular, *notebook* ou *tablet* com acesso à internet para realização das atividades propostas. Assim sendo, para melhor compreensão da estratégia metodológica adotada na presente sequência didática, será apresentado a seguir como se dará a abordagem metodológica em cada aula.

***Aula 01:** Apresentação do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano"

Inicialmente, será exposta aos alunos e professor (a) regente da turma, uma breve apresentação de slides para explicar de forma sucinta os objetivos do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano". Os assuntos a serem abordados nessa apresentação inicial são: Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de doutorado; Convite para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; Como acessar a plataforma Moodle, instagram e WhatsApp e; Pesquisa de avaliação da percepção dos discentes e docentes em relação ao contexto do ensino remoto. Este momento inicial terá duração de 25 minutos. Caso os alunos e professor (a) regente apresentem alguma dúvida, estas serão sanadas ao longo das aulas ou por meio dos canais de comunicação da

pesquisadora (WhatsApp e email). Para finalizar, será entregue aos alunos e professor (a) (participantes da pesquisa), o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respectivamente, para que sejam assinados e entregues para a pesquisadora na próxima aula. Os documentos citados serão entregues aos participantes na versão impressa e disponibilizados na versão *online* na plataforma Moodle.

No segundo e último momento, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle por meio da credencial de acesso pessoal (email pessoal disponibilizado pela escola e senha padrão). Após o primeiro acesso, os alunos deverão clicar no item "Questionário I - Aos alunos (QI)" para responderem a pesquisa de investigação sobre o contexto do ensino remoto vivenciado pelos educandos. Estes terão até 25 minutos para responder o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também deverá responder a pesquisa de investigação do contexto do ensino remoto vivenciado pelos docentes. No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

***Aula 02:** Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos e reações de oxirredução

No primeiro momento da aula serão recolhidos os documentos "TALE" e "TCLE" devidamente assinados pelos alunos e seus respectivos responsáveis, nos quais autorizam legalmente a participação dos alunos na pesquisa. O TCLE assinado pelo docente também será recolhido neste momento. Em seguida, será reforçado aos alunos que participem da "batalha de *stories*" no instagram do projeto para a escolha das três melhores logomarcas (primeira fase do concurso). Ao docente regente será orientado que responda ao questionário enviado para escolha da logomarca oficial do aplicativo e *website* (segunda fase do concurso). Na sequência, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem uma pesquisa diagnóstica, isto é, um questionário eletrônico que visa investigar os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conteúdos básicos de eletroquímica. Para isso, os alunos terão até 25 minutos para responder o questionário eletrônico disponível no Moodle.

No segundo e último momento da aula, será apresentado aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos relacionados ao tema "reações de oxirredução": Definição de reação de oxirredução; Conceitos de oxidação e redução; Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; Agente redutor e agente oxidante; Espontaneidade de reações oxirredução, com ênfase nos potenciais padrões de redução e oxidação; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Aplicações de reações redox no cotidiano. Sempre ao término de cada momento, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

***Aula 03:** Eletroquímica no cotidiano (pilhas e eletrólises)

Com o auxílio de uma apresentação de slides previamente elaborada, no primeiro momento da aula será exposto aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos estruturantes do tema central "pilhas e eletrólises": Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; Conceituação de pilhas e baterias; Pilha de Daniell; Eletrólise ígnea e em meio aquoso; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Princípio de funcionamento de uma pilha caseira. Sempre ao término da explanação dos conteúdos, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este primeiro momento da aula terá duração de 25 minutos.

No segundo e último momento da aula, será solicitada a participação de um (a) aluno (a), de forma voluntária, para a realização da prática experimental denominada "Pilha de limão com moedas". Este momento consiste em revisar o conteúdo teórico apresentado anteriormente, promovendo-se a participação ativa dos alunos presentes em sala de aula. O procedimento experimental será disponibilizado na plataforma Moodle com antecedência, tanto na forma de vídeo quanto na forma de roteiro, para que os alunos possam montar a pilha caseira sem maiores dificuldades com o auxílio da pesquisadora. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

Ao finalizar a atividade experimental, os alunos serão orientados a resolverem uma atividade avaliativa extraclasse. A atividade denominada "Desafio da eletroquímica" tem por objetivo promover a leitura, interpretação e compreensão do conteúdo eletroquímico presente na tirinha publicada pelo jornal *O Popular* em 2005 (Hagar, o Horrível). Essa atividade será postada na plataforma Moodle e o (a) primeiro (a) aluno (a) que conseguir postar a resposta correta no ambiente Moodle será premiado (a) na 4ª aula dessa sequência didática.

Aula 04: Execução do aplicativo/*website* denominado "Eletroquímica no cotidiano"

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

No primeiro momento da aula, será apresentada e discutida com os alunos a resolução da atividade "Desafio da eletroquímica", seguida da premiação do (a) aluno (a) vencedor (a). Além disso, o (a) aluno (a) com a proposta de logomarca vencedora também será premiado (a). Os prêmios serão de cunho educativo a fim de reforçar positivamente a construção contínua do conhecimento pelos alunos.

Em um segundo momento da aula, os alunos serão instruídos a realizar o *download* do aplicativo "Eletroquímica no cotidiano", o qual foi desenvolvido para promover o aprendizado do aluno sem a presença efetiva do (a) professor (a). Além disso, será apresentado o *website* que foi criado com a mesma finalidade. Neste momento os alunos poderão explorar as duas ferramentas educativas, sanar dúvidas e, inclusive, resolver os exercícios propostos.

Ao fim da aula, os alunos serão orientados a explorarem com afinco as duas ferramentas virtuais a fim de prepará-los para as atividades avaliativas da próxima aula (questionários avaliativos).

***Aula 05:** Aplicação de instrumentos avaliativos

No primeiro momento da aula será solicitado que os alunos acessem a plataforma Moodle e cliquem no item "Questionário II - Aos alunos (QII)" para responderem a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e *website*). O questionário tem por objetivo verificar, na percepção dos alunos, os limites e potencialidades dos produtos educacionais virtuais para o ensino de conteúdos de eletroquímica. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também responderá a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e website). No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

No segundo e último momento da aula, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem um segundo questionário. Este denominado "Questionário sobre conteúdos de eletroquímica (após intervenção)" será reaplicado neste momento a fim de verificar a evolução do desempenho do aluno após a aplicação das estratégias pedagógicas estruturadas para a presente sequência didática. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula.

Ao final da aula, será realizado um breve agradecimento aos alunos e professores que participaram ao longo de toda a sequência didática.

Recursos Didáticos

- Quadro branco (recurso da escola)
- Pincéis coloridos (recurso da pesquisadora)
- Apagador (recurso da pesquisadora)
- Notebook (recurso da pesquisadora)
- Projetor multimídia (recurso da escola)
- Apresentação de slides (recurso da pesquisadora)
- Aplicativo e *website* "Eletroquímica no cotidiano" (recurso da pesquisadora)
- Plataforma Moodle (recurso da pesquisadora)
- Celular, *tablet* ou computador (recurso dos alunos)
- Calculadora, limões, fios, pregos, garras de jacaré, moedas de cobre e estilete para montagem da pilha caseira (atividade experimental) (recursos da pesquisadora)

Avaliação

A avaliação será processual. A cada finalização de uma aula os alunos serão avaliados por meio da participação em sala de aula (questionamentos sobre os conteúdos abordados) e na resolução das atividades propostas no Moodle, as quais podem citar: Resolução de exercícios de fixação presentes no aplicativo e *website*; Envio da proposta de logomarca para o *app*/*website*; Resolução do "Desafio da eletroquímica"; Interação nas redes sociais do projeto (WhatsApp e instagram); Resolução dos questionários eletrônicos e; Leitura dos materiais suplementares postados na plataforma Moodle. Para revisar o conteúdo estudado serão realizados em conjunto com os alunos exercícios para fixação do mesmo, os quais serão apresentados nos slides. Espera-se com essas estratégias avaliativas virtuais, tornar o processo de assimilação dos conteúdos pelos alunos mais prazeroso e menos apreensivo.

UFU	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Bibliografia

Bibliografia Básica:

- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química:** na abordagem do cotidiano. Volume único. 3ª ed. Moderna: São Paulo, 2007. 760 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 8ª ed. Saraiva: São Paulo, 2010. 800 p.

Bibliografia Complementar:

- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas.** v. 2. Cengage Learning: São Paulo, 2012. 404 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** Volume único. 7ª ed. Saraiva: São Paulo, 2006. 672 p.

Data	Assinatura
03/10/2022	Maraína Souza Medeiros **Maraína Souza Medeiros** (Pesquisadora - Doutorado em Química/UFU)

APÊNDICE I – PLANO DE ENSINO - ESCOLA PÚBLICA/TURMA ELETROTÉCNICA

UFU	**Universidade Federal de Uberlândia - UFU** **Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI** **Instituto de Química - IQ** **Projeto de Doutorado**
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Identificação		
Disciplina: Química		
Instituição de ensino: Escola Pública - EPu		**Ano/Semestre letivo:** 2022-2
Série: 1ª série do Ensino Médio	**Turno:** (**X**) Matutino (**X**) Vespertino ( ) Noturno	**Quantidade de turmas:** 1 (Técnico em Eletrotécnica)
Docente: Maraína Souza Medeiros		

Pré-requisitos
Química geral

Ementa
Conceituação de reações oxirredução; Definição de oxidação e de redução; Regras de determinação do número de oxidação (Nox); Reação de oxirredução espontânea e não espontânea, com ênfase no potencial padrão de redução e de oxidação; Conceito de agente oxidante e agente redutor; Aplicações da eletroquímica no cotidiano; Definição de pilhas e baterias; Pilha de Daniell (contexto histórico); Conceito de eletrólise (ígnea e em meio aquoso) e; Funcionamento de uma pilha caseira - Pilha de limão com moedas.

Objetivos
Conhecer os processos químicos de oxirredução que ocorrem em metais a partir de situações do cotidiano. Aprender princípios básicos de eletroquímica (pilhas e baterias) aplicados ao cotidiano e, assim, entender a relação existente entre reações de oxirredução e corrente elétrica.

Conteúdo Programático

Aula	Data	Horário	Ementa	Conteúdo
01	18/10/22	10:30 às 12:00	Apresentação do projeto aos alunos e professor (a) regente, e aplicação de questionário diagnóstico.	- Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de Doutorado; - Convite aos alunos e professor (a) regente para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; - Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; - Pesquisa diagnóstica quanto à percepção discente e docente em relação ao contexto do ensino remoto.
02	18/10/22	10:30 às 12:00	Reações de oxirredução e aplicação de questionário diagnóstico.	- Pesquisa diagnóstica quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos básicos envolvendo reações redox e eletroquímica; - Definição de reação de oxirredução; - Conceitos de oxidação e redução; - Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; - Espontaneidade de reações oxirredução e potenciais padrões de oxidação e de redução; - Resolução de exercícios; - Aplicações no cotidiano.
03	08/11/22	13:30 às	Eletroquímica e o cotidiano (pilhas e	- Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; - Conceituação de pilhas e baterias;

	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
UFU	**Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"**

		14:30	baterias).	- Impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente; - Pilha de Daniell; - Eletrólise ígnea e em meio aquoso; - Resolução de exercícios; - Material suplementar (como montar uma pilha caseira – Pilha de limão com moedas) (atividade prática envolvendo a participação dos alunos).
04	29/11/22	13:00 às 14:30	Execução do aplicativo/*website* sobre eletroquímica no cotidiano.	- Uso, em sala de aula, do aplicativo e *website* desenvolvidos sobre eletroquímica como estratégia avaliativa do desempenho dos alunos.
05	29/11/22	13:00 às 14:30	Aplicação de instrumentos avaliativos (questionários para coleta de dados)	- Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos e professor (a) regente quanto aos limites e potencialidades do *app* e *website* como proposta de ferramenta suplementar ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica. - Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos para verificar a evolução do conhecimento destes sobre eletroquímica após as intervenções.

Competências/Habilidades

- ✓ Aplicar os conceitos de oxirredução para identificação e balanceamento de equações químicas;
- ✓ Identificar reações de oxirredução no cotidiano;
- ✓ Executar o balanceamento de equações de oxirredução de diversas maneiras;
- ✓ Identificar a ocorrência de um processo eletroquímico;
- ✓ Identificar a formação de uma pilha eletroquímica e o seu mecanismo de funcionamento;
- ✓ Discutir fatores financeiros, sociais e ambientais relacionados ao descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente;
- ✓ Reconhecer a importância de ferramentas virtuais, como aplicativo e *website*, com enfoque no cotidiano para melhor compreensão de conceitos eletroquímicos;
- ✓ Articular o conhecimento em eletroquímica com os demais conhecimentos de áreas correlatas à Química para, assim, ampliar a formação do aluno.

Metodologia

A sequência didática do projeto "Eletroquímica no cotidiano" é composta de 5 (cinco) aulas expositivas, dialogadas e práticas. Para melhor compreensão dos objetivos do projeto e dos conteúdos abordados em eletroquímica, adotou-se uma abordagem metodológica que perpasse pelo cotidiano do aluno, uma vez que a construção do conhecimento não se deve pautar somente na repetição de fórmulas, regras e conceitos envolvendo oxirredução e processos eletroquímicos. Nesse sentido, os (as) alunos (as) serão estimulados (as) continuamente a construir o conhecimento sobre eletroquímica a partir de situações cotidianas, enfatizando-se o espírito questionador e investigativo do (a) aluno (a). Para participar das aulas, é imprescindível que o (a) aluno (a) tenha disponível celular, *notebook* ou *tablet* com acesso à internet para realização das atividades propostas. Assim sendo, para melhor compreensão da estratégia metodológica adotada na presente sequência didática, será apresentado a seguir como se dará a abordagem metodológica em cada aula.

***Aula 01:** Apresentação do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano"

Inicialmente, será exposta aos alunos e professor (a) regente da turma, uma breve apresentação de slides para explicar de forma sucinta os objetivos do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano". Os assuntos a serem abordados nessa apresentação inicial são: Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de doutorado; Convite para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; Como acessar a plataforma Moodle, instagram e WhatsApp e; Pesquisa de avaliação da percepção dos discentes e docentes em relação ao contexto do ensino remoto. Este momento inicial terá duração de 25 minutos. Caso os alunos e professor (a) regente apresentem

alguma dúvida, estas serão sanadas ao longo das aulas ou por meio dos canais de comunicação da pesquisadora (WhatsApp e email). Para finalizar, será entregue aos alunos e professor (a) (participantes da pesquisa), o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respectivamente, para que sejam assinados e entregues para a pesquisadora na próxima aula. Os documentos citados serão entregues aos participantes na versão impressa e disponibilizados na versão *online* na plataforma Moodle.

No segundo e último momento, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle por meio da credencial de acesso pessoal (email pessoal disponibilizado pela escola e senha padrão). Após o primeiro acesso, os alunos deverão clicar no item "Questionário I - Aos alunos (QI)" para responderem a pesquisa de investigação sobre o contexto do ensino remoto vivenciado pelos educandos. Estes terão até 25 minutos para responder o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também deverá responder a pesquisa de investigação do contexto do ensino remoto vivenciado pelos docentes. No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

***Aula 02:** Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos e reações de oxirredução

No primeiro momento da aula serão recolhidos os documentos "TALE" e "TCLE" devidamente assinados pelos alunos e seus respectivos responsáveis, nos quais autorizam legalmente a participação dos alunos na pesquisa. O TCLE assinado pelo docente também será recolhido neste momento. Em seguida, será reforçado aos alunos que participem da "batalha de *stories*" no instagram do projeto para a escolha das três melhores logomarcas (primeira fase do concurso). Ao docente regente será orientado que responda ao questionário enviado para escolha da logomarca oficial do aplicativo e *website* (segunda fase do concurso). Na sequência, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem uma pesquisa diagnóstica, isto é, um questionário eletrônico que visa investigar os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conteúdos básicos de eletroquímica. Para isso, os alunos terão até 25 minutos para responder o questionário eletrônico disponível no Moodle.

No segundo e último momento da aula, será apresentado aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos relacionados ao tema "reações de oxirredução": Definição de reação de oxirredução; Conceitos de oxidação e redução; Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; Agente redutor e agente oxidante; Espontaneidade de reações oxirredução, com ênfase nos potenciais padrões de redução e oxidação; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Aplicações de reações redox no cotidiano. Sempre ao término de cada momento, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

***Aula 03:** Eletroquímica no cotidiano (pilhas e eletrólises)

Com o auxílio de uma apresentação de slides previamente elaborada, no primeiro momento da aula será exposto aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos estruturantes do tema central "pilhas e eletrólises": Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; Conceituação de pilhas e baterias; Pilha de Daniell; Eletrólise ígnea e em meio aquoso; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Princípio de funcionamento de uma pilha caseira. Sempre ao término da explanação dos conteúdos, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este primeiro momento da aula terá duração de 25 minutos.

No segundo e último momento da aula, será solicitada a participação de um (a) aluno (a), de forma voluntária, para a realização da prática experimental denominada "Pilha de limão com moedas". Este momento consiste em revisar o conteúdo teórico apresentado anteriormente, promovendo-se a participação ativa dos alunos presentes em sala de aula. O procedimento experimental será disponibilizado na plataforma Moodle com antecedência, tanto na forma de vídeo quanto na forma de roteiro, para que os alunos possam montar a pilha caseira sem maiores dificuldades com o auxílio da pesquisadora. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

Ao finalizar a atividade experimental, os alunos serão orientados a resolverem uma atividade avaliativa extraclasse. A atividade denominada "Desafio da eletroquímica" tem por objetivo promover a leitura, interpretação e compreensão do conteúdo eletroquímico presente na tirinha publicada pelo jornal *O Popular* em 2005 (Hagar, o Horrível). Essa atividade será postada na plataforma Moodle e o (a) primeiro (a) aluno (a) que conseguir postar a resposta correta no ambiente Moodle será premiado (a) na 4ª aula dessa sequência didática.

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Aula 04: Execução do aplicativo/*website* denominado "Eletroquímica no cotidiano"

No primeiro momento da aula, será apresentada e discutida com os alunos a resolução da atividade "Desafio da eletroquímica", seguida da premiação do (a) aluno (a) vencedor (a). Além disso, o (a) aluno (a) com a proposta de logomarca vencedora também será premiado (a). Os prêmios serão de cunho educativo a fim de reforçar positivamente a construção contínua do conhecimento pelos alunos.

Em um segundo momento da aula, os alunos serão instruídos a realizar o *download* do aplicativo "Eletroquímica no cotidiano", o qual foi desenvolvido para promover o aprendizado do aluno sem a presença efetiva do (a) professor (a). Além disso, será apresentado o *website* que foi criado com a mesma finalidade. Neste momento os alunos poderão explorar as duas ferramentas educativas, sanar dúvidas e, inclusive, resolver os exercícios propostos.

Ao fim da aula, os alunos serão orientados a explorarem com afinco as duas ferramentas virtuais a fim de prepará-los para as atividades avaliativas da próxima aula (questionários avaliativos).

***Aula 05:** Aplicação de instrumentos avaliativos

No primeiro momento da aula será solicitado que os alunos acessem a plataforma Moodle e cliquem no item "Questionário II - Aos alunos (QII)" para responderem a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e *website*). O questionário tem por objetivo verificar, na percepção dos alunos, os limites e potencialidades dos produtos educacionais virtuais para o ensino de conteúdos de eletroquímica. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também responderá a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e website). No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

No segundo e último momento da aula, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem um segundo questionário. Este denominado "Questionário sobre conteúdos de eletroquímica (após intervenção)" será reaplicado neste momento a fim de verificar a evolução do desempenho do aluno após a aplicação das estratégias pedagógicas estruturadas para a presente sequência didática. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula.

Ao final da aula, será realizado um breve agradecimento aos alunos e professores que participaram ao longo de toda a sequência didática.

Recursos Didáticos

- Quadro branco (recurso da escola)
- Pincéis coloridos (recurso da pesquisadora)
- Apagador (recurso da pesquisadora)
- Notebook (recurso da pesquisadora)
- Projetor multimídia (recurso da escola)
- Apresentação de slides (recurso da pesquisadora)
- Aplicativo e *website* "Eletroquímica no cotidiano" (recurso da pesquisadora)
- Plataforma Moodle (recurso da pesquisadora)
- Celular, *tablet* ou computador (recurso dos alunos)
- Calculadora, limões, fios, pregos, garras de jacaré, moedas de cobre e estilete para montagem da pilha caseira (atividade experimental) (recursos da pesquisadora)

Avaliação

A avaliação será processual. A cada finalização de uma aula os alunos serão avaliados por meio da participação em sala de aula (questionamentos sobre os conteúdos abordados) e na resolução das atividades propostas no Moodle, as quais podem citar: Resolução de exercícios de fixação presentes no aplicativo e *website*; Envio da proposta de logomarca para o *app*/*website*; Resolução do "Desafio da eletroquímica"; Interação nas redes sociais do projeto (WhatsApp e instagram); Resolução dos questionários eletrônicos e; Leitura dos materiais suplementares postados na plataforma Moodle. Para revisar o conteúdo estudado serão realizados em conjunto com os alunos exercícios para fixação do mesmo, os quais serão apresentados nos slides. Espera-se com essas estratégias avaliativas virtuais, tornar o processo de assimilação dos conteúdos pelos alunos mais prazeroso e menos apreensivo.

UFU	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Bibliografia

Bibliografia Básica:

- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química:** na abordagem do cotidiano. Volume único. 3ª ed. Moderna: São Paulo, 2007. 760 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 8ª ed. Saraiva: São Paulo, 2010. 800 p.

Bibliografia Complementar:

- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas.** v. 2. Cengage Learning: São Paulo, 2012. 404 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** Volume único. 7ª ed. Saraiva: São Paulo, 2006. 672 p.

Data	Assinatura
03/10/2022	Maraína Souza Medeiros **Maraína Souza Medeiros** (Pesquisadora - Doutorado em Química/UFU)

APÊNDICE J – PLANO DE ENSINO - ESCOLA PÚBLICA/TURMA QUÍMICA

UFU	**Universidade Federal de Uberlândia - UFU** **Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI** **Instituto de Química - IQ** **Projeto de Doutorado**
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Identificação		
Disciplina: Química		
Instituição de ensino: Escola Pública - EPu		**Ano/Semestre letivo:** 2022-2
Série: 1ª série do Ensino Médio	**Turno:** (**X**) Matutino ( ) Vespertino ( ) Noturno	**Quantidade de turmas:** 1 (Técnico em Química)
Docente: Maraína Souza Medeiros		

Pré-requisitos
Química geral

Ementa
Conceituação de reações oxirredução; Definição de oxidação e de redução; Regras de determinação do número de oxidação (Nox); Reação de oxirredução espontânea e não espontânea, com ênfase no potencial padrão de redução e de oxidação; Conceito de agente oxidante e agente redutor; Aplicações da eletroquímica no cotidiano; Definição de pilhas e baterias; Pilha de Daniell (contexto histórico); Conceito de eletrólise (ígnea e em meio aquoso) e; Funcionamento de uma pilha caseira - Pilha de limão com moedas.

Objetivos
Conhecer os processos químicos de oxirredução que ocorrem em metais a partir de situações do cotidiano. Aprender princípios básicos de eletroquímica (pilhas e baterias) aplicados ao cotidiano e, assim, entender a relação existente entre reações de oxirredução e corrente elétrica.

Conteúdo Programático

Aula	Data	Horário	Ementa	Conteúdo
01	27/10/22	08:45 às 10:15	Apresentação do projeto aos alunos e professor (a) regente, e aplicação de questionário diagnóstico.	- Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de Doutorado; - Convite aos alunos e professor (a) regente para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; - Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; - Pesquisa diagnóstica quanto à percepção discente e docente em relação ao contexto do ensino remoto.
02	03/11/22	08:45 às 10:15	Reações de oxirredução e aplicação de questionário diagnóstico.	- Pesquisa diagnóstica quanto aos conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos básicos envolvendo reações redox e eletroquímica; - Definição de reação de oxirredução; - Conceitos de oxidação e redução; - Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; - Espontaneidade de reações oxirredução e potenciais padrões de oxidação e de redução; - Resolução de exercícios; - Aplicações no cotidiano.
03	17/11/22	08:45 às 10:15	Eletroquímica e o cotidiano (pilhas e baterias).	- Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; - Conceituação de pilhas e baterias; - Impactos ambientais decorrentes do descarte

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

				inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente; - Pilha de Daniell; - Eletrólise ígnea e em meio aquoso; - Resolução de exercícios; - Material suplementar (como montar uma pilha caseira – Pilha de limão com moedas) (atividade prática envolvendo a participação dos alunos).
04	01/12/22	08:45 às 10:15	Execução do aplicativo/*website* sobre eletroquímica no cotidiano.	- Uso, em sala de aula, do aplicativo e *website* desenvolvidos sobre eletroquímica como estratégia avaliativa do desempenho dos alunos.
05	01/12/22	08:45 às 10:15	Aplicação de instrumentos avaliativos (questionários para coleta de dados)	- Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos e professor (a) regente quanto aos limites e potencialidades do *app* e *website* como proposta de ferramenta suplementar ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos de eletroquímica. - Pesquisa avaliativa aplicada aos alunos para verificar a evolução do conhecimento destes sobre eletroquímica após as intervenções.

Competências/Habilidades

- ✓ Aplicar os conceitos de oxirredução para identificação e balanceamento de equações químicas;
- ✓ Identificar reações de oxirredução no cotidiano;
- ✓ Executar o balanceamento de equações de oxirredução de diversas maneiras;
- ✓ Identificar a ocorrência de um processo eletroquímico;
- ✓ Identificar a formação de uma pilha eletroquímica e o seu mecanismo de funcionamento;
- ✓ Discutir fatores financeiros, sociais e ambientais relacionados ao descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente;
- ✓ Reconhecer a importância de ferramentas virtuais, como aplicativo e *website*, com enfoque no cotidiano para melhor compreensão de conceitos eletroquímicos;
- ✓ Articular o conhecimento em eletroquímica com os demais conhecimentos de áreas correlatas à Química para, assim, ampliar a formação do aluno.

Metodologia

A sequência didática do projeto "Eletroquímica no cotidiano" é composta de 5 (cinco) aulas expositivas, dialogadas e práticas. Para melhor compreensão dos objetivos do projeto e dos conteúdos abordados em eletroquímica, adotou-se uma abordagem metodológica que perpasse pelo cotidiano do aluno, uma vez que a construção do conhecimento não se deve pautar somente na repetição de fórmulas, regras e conceitos envolvendo oxirredução e processos eletroquímicos. Nesse sentido, os (as) alunos (as) serão estimulados (as) continuamente a construir o conhecimento sobre eletroquímica a partir de situações cotidianas, enfatizando-se o espírito questionador e investigativo do (a) aluno (a). Para participar das aulas, é imprescindível que o (a) aluno (a) tenha disponível celular, *notebook* ou *tablet* com acesso à internet para realização das atividades propostas. Assim sendo, para melhor compreensão da estratégia metodológica adotada na presente sequência didática, será apresentado a seguir como se dará a abordagem metodológica em cada aula.

***Aula 01:** Apresentação do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano"

Inicialmente, será exposta aos alunos e professor (a) regente da turma, uma breve apresentação de slides para explicar de forma sucinta os objetivos do projeto de ensino "Eletroquímica no cotidiano". Os assuntos a serem abordados nessa apresentação inicial são: Apresentação sucinta dos objetivos do projeto de doutorado; Convite para participação na pesquisa de doutorado, seguida da apresentação e aplicação do TCLE e TALE; Lançamento do concurso de logomarca para o *app* e *website* desenvolvidos com apresentação das regras de participação e prazo de entrega da logo; Como acessar a plataforma Moodle, instagram e WhatsApp e; Pesquisa de avaliação da percepção dos discentes e docentes em relação ao contexto do ensino remoto. Este momento inicial terá duração de 25 minutos. Caso os alunos e professor (a) regente apresentem alguma dúvida, estas serão sanadas ao longo das aulas ou por meio dos canais de comunicação da

pesquisadora (WhatsApp e email). Para finalizar, será entregue aos alunos e professor (a) (participantes da pesquisa), o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respectivamente, para que sejam assinados e entregues para a pesquisadora na próxima aula. Os documentos citados serão entregues aos participantes na versão impressa e disponibilizados na versão *online* na plataforma Moodle.

No segundo e último momento, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle por meio da credencial de acesso pessoal (email pessoal disponibilizado pela escola e senha padrão). Após o primeiro acesso, os alunos deverão clicar no item "Questionário I - Aos alunos (QI)" para responderem a pesquisa de investigação sobre o contexto do ensino remoto vivenciado pelos educandos. Estes terão até 25 minutos para responder o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também deverá responder a pesquisa de investigação do contexto do ensino remoto vivenciado pelos docentes. No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 30/11/2022).

***Aula 02:** Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos e reações de oxirredução

No primeiro momento da aula serão recolhidos os documentos "TALE" e "TCLE" devidamente assinados pelos alunos e seus respectivos responsáveis, nos quais autorizam legalmente a participação dos alunos na pesquisa. O TCLE assinado pelo docente também será recolhido neste momento. Em seguida, será reforçado aos alunos que participem da "batalha de *stories*" no instagram do projeto para a escolha das três melhores logomarcas (primeira fase do concurso). Ao docente regente será orientado que responda ao questionário enviado para escolha da logomarca oficial do aplicativo e *website* (segunda fase do concurso). Na sequência, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem uma pesquisa diagnóstica, isto é, um questionário eletrônico que visa investigar os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conteúdos básicos de eletroquímica. Para isso, os alunos terão até 25 minutos para responder o questionário eletrônico disponível no Moodle.

No segundo e último momento da aula, será apresentado aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos relacionados ao tema "reações de oxirredução": Definição de reação de oxirredução; Conceitos de oxidação e redução; Número de oxidação e suas regras de determinação do Nox; Agente redutor e agente oxidante; Espontaneidade de reações oxirredução, com ênfase nos potenciais padrões de redução e oxidação; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Aplicações de reações redox no cotidiano. Sempre ao término de cada momento, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

***Aula 03:** Eletroquímica no cotidiano (pilhas e eletrólises)

Com o auxílio de uma apresentação de slides previamente elaborada, no primeiro momento da aula será exposto aos alunos, de forma expositiva e dialogada, os seguintes conteúdos estruturantes do tema central "pilhas e eletrólises": Aplicações da eletroquímica no dia-a-dia; Conceituação de pilhas e baterias; Pilha de Daniell; Eletrólise ígnea e em meio aquoso; Resolução de exercícios com a participação dos discentes e; Princípio de funcionamento de uma pilha caseira. Sempre ao término da explanação dos conteúdos, os alunos serão questionados e avaliados durante toda aula como forma de participação. Este primeiro momento da aula terá duração de 25 minutos.

No segundo e último momento da aula, será solicitada a participação de um (a) aluno (a), de forma voluntária, para a realização da prática experimental denominada "Pilha de limão com moedas". Este momento consiste em revisar o conteúdo teórico apresentado anteriormente, promovendo-se a participação ativa dos alunos presentes em sala de aula. O procedimento experimental será disponibilizado na plataforma Moodle com antecedência, tanto na forma de vídeo quanto na forma de roteiro, para que os alunos possam montar a pilha caseira sem maiores dificuldades com o auxílio da pesquisadora. Este segundo momento da aula terá duração de 25 minutos.

Ao finalizar a atividade experimental, os alunos serão orientados a resolverem uma atividade avaliativa extraclasse. A atividade denominada "Desafio da eletroquímica" tem por objetivo promover a leitura, interpretação e compreensão do conteúdo eletroquímico presente na tirinha publicada pelo jornal *O Popular* em 2005 (Hagar, o Horrível). Essa atividade será postada na plataforma Moodle e o (a) primeiro (a) aluno (a) que conseguir postar a resposta correta no ambiente Moodle será premiado (a) na 4ª aula dessa sequência didática.

Aula 04: Execução do aplicativo/*website* denominado "Eletroquímica no cotidiano"

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI
Instituto de Química - IQ
Projeto de Doutorado

Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

No primeiro momento da aula, será apresentada e discutida com os alunos a resolução da atividade "Desafio da eletroquímica", seguida da premiação do (a) aluno (a) vencedor (a). Além disso, o (a) aluno (a) com a proposta de logomarca vencedora também será premiado (a). Os prêmios serão de cunho educativo a fim de reforçar positivamente a construção contínua do conhecimento pelos alunos.

Em um segundo momento da aula, os alunos serão instruídos a realizar o *download* do aplicativo "Eletroquímica no cotidiano", o qual foi desenvolvido para promover o aprendizado do aluno sem a presença efetiva do (a) professor (a). Além disso, será apresentado o *website* que foi criado com a mesma finalidade. Neste momento os alunos poderão explorar as duas ferramentas educativas, sanar dúvidas e, inclusive, resolver os exercícios propostos.

Ao fim da aula, os alunos serão orientados a explorarem com afinco as duas ferramentas virtuais a fim de prepará-los para as atividades avaliativas da próxima aula (questionários avaliativos).

***Aula 05:** Aplicação de instrumentos avaliativos

No primeiro momento da aula será solicitado que os alunos acessem a plataforma Moodle e cliquem no item "Questionário II - Aos alunos (QII)" para responderem a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e *website*). O questionário tem por objetivo verificar, na percepção dos alunos, os limites e potencialidades dos produtos educacionais virtuais para o ensino de conteúdos de eletroquímica. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula. O (a) professor (a) regente da turma também responderá a pesquisa de avaliação das ferramentas educacionais desenvolvidas (aplicativo e website). No entanto, o questionário será enviado ao docente por email, com tempo de envio do questionário respondido até o fim da presente sequência didática (até 04/12/2022).

No segundo e último momento da aula, os alunos serão orientados a acessarem a plataforma Moodle para responderem um segundo questionário. Este denominado "Questionário sobre conteúdos de eletroquímica (após intervenção)" será reaplicado neste momento a fim de verificar a evolução do desempenho do aluno após a aplicação das estratégias pedagógicas estruturadas para a presente sequência didática. Os alunos terão 12 minutos para responderem o questionário em sala de aula.

Ao final da aula, será realizado um breve agradecimento aos alunos e professores que participaram ao longo de toda a sequência didática.

Recursos Didáticos

- Quadro branco (recurso da escola)
- Pincéis coloridos (recurso da pesquisadora)
- Apagador (recurso da pesquisadora)
- Notebook (recurso da pesquisadora)
- Projetor multimídia (recurso da escola)
- Apresentação de slides (recurso da pesquisadora)
- Aplicativo e *website* "Eletroquímica no cotidiano" (recurso da pesquisadora)
- Plataforma Moodle (recurso da pesquisadora)
- Celular, *tablet* ou computador (recurso dos alunos)
- Calculadora, limões, fios, pregos, garras de jacaré, moedas de cobre e estilete para montagem da pilha caseira (atividade experimental) (recursos da pesquisadora)

Avaliação

A avaliação será processual. A cada finalização de uma aula os alunos serão avaliados por meio da participação em sala de aula (questionamentos sobre os conteúdos abordados) e na resolução das atividades propostas no Moodle, as quais podem citar: Resolução de exercícios de fixação presentes no aplicativo e *website*; Envio da proposta de logomarca para o *app*/*website*; Resolução do "Desafio da eletroquímica"; Interação nas redes sociais do projeto (WhatsApp e instagram); Resolução dos questionários eletrônicos e; Leitura dos materiais suplementares postados na plataforma Moodle. Para revisar o conteúdo estudado serão realizados em conjunto com os alunos exercícios para fixação do mesmo, os quais serão apresentados nos slides. Espera-se com essas estratégias avaliativas virtuais, tornar o processo de assimilação dos conteúdos pelos alunos mais prazeroso e menos apreensivo.

UFU	Universidade Federal de Uberlândia - UFU Programa de Pós-Graduação em Química - PPGQUI Instituto de Química - IQ Projeto de Doutorado
	Plano de Ensino - Projeto "Eletroquímica no cotidiano"

Bibliografia

Bibliografia Básica:

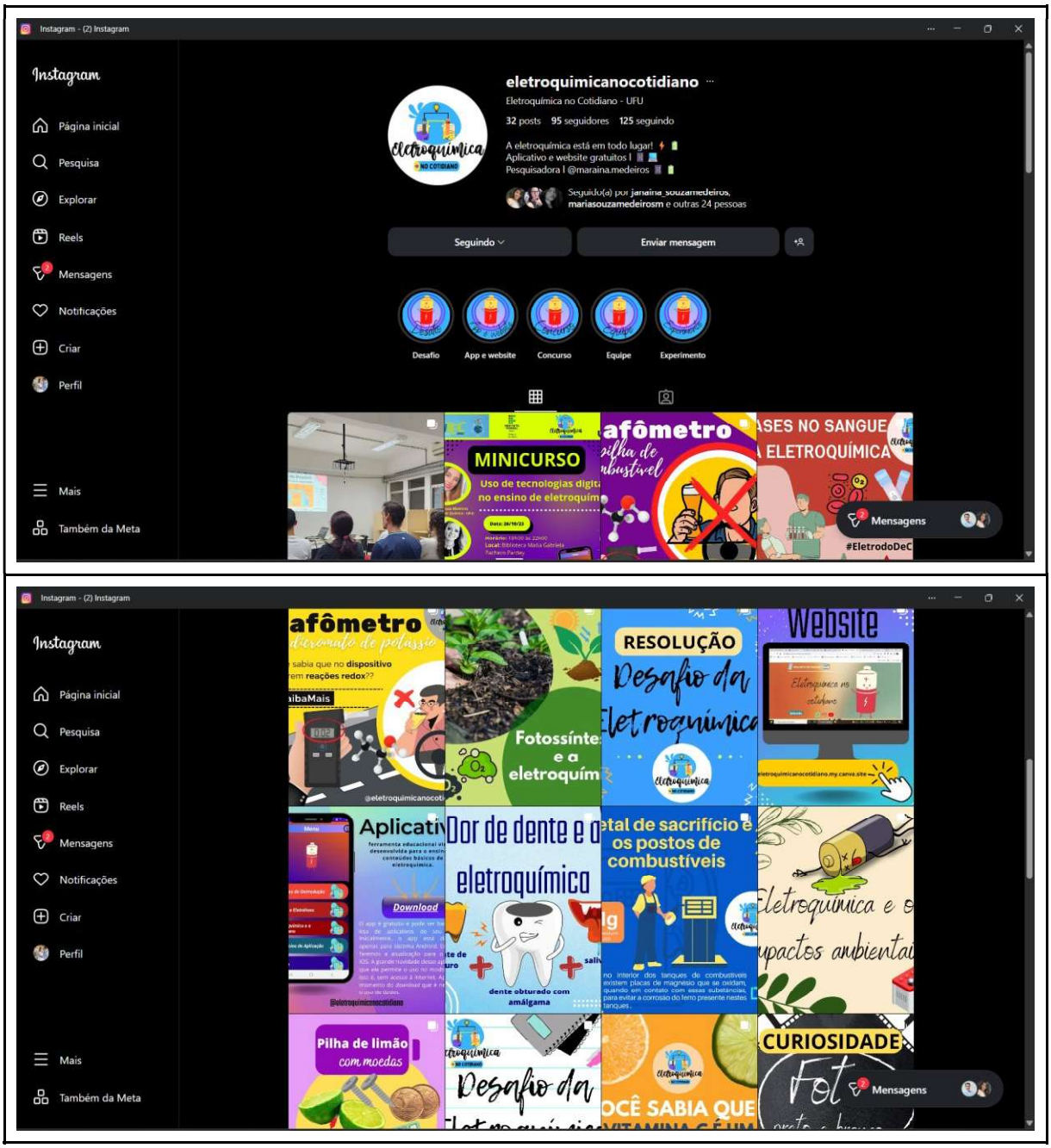
- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química:** na abordagem do cotidiano. Volume único. 3ª ed. Moderna: São Paulo, 2007. 760 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 8ª ed. Saraiva: São Paulo, 2010. 800 p.

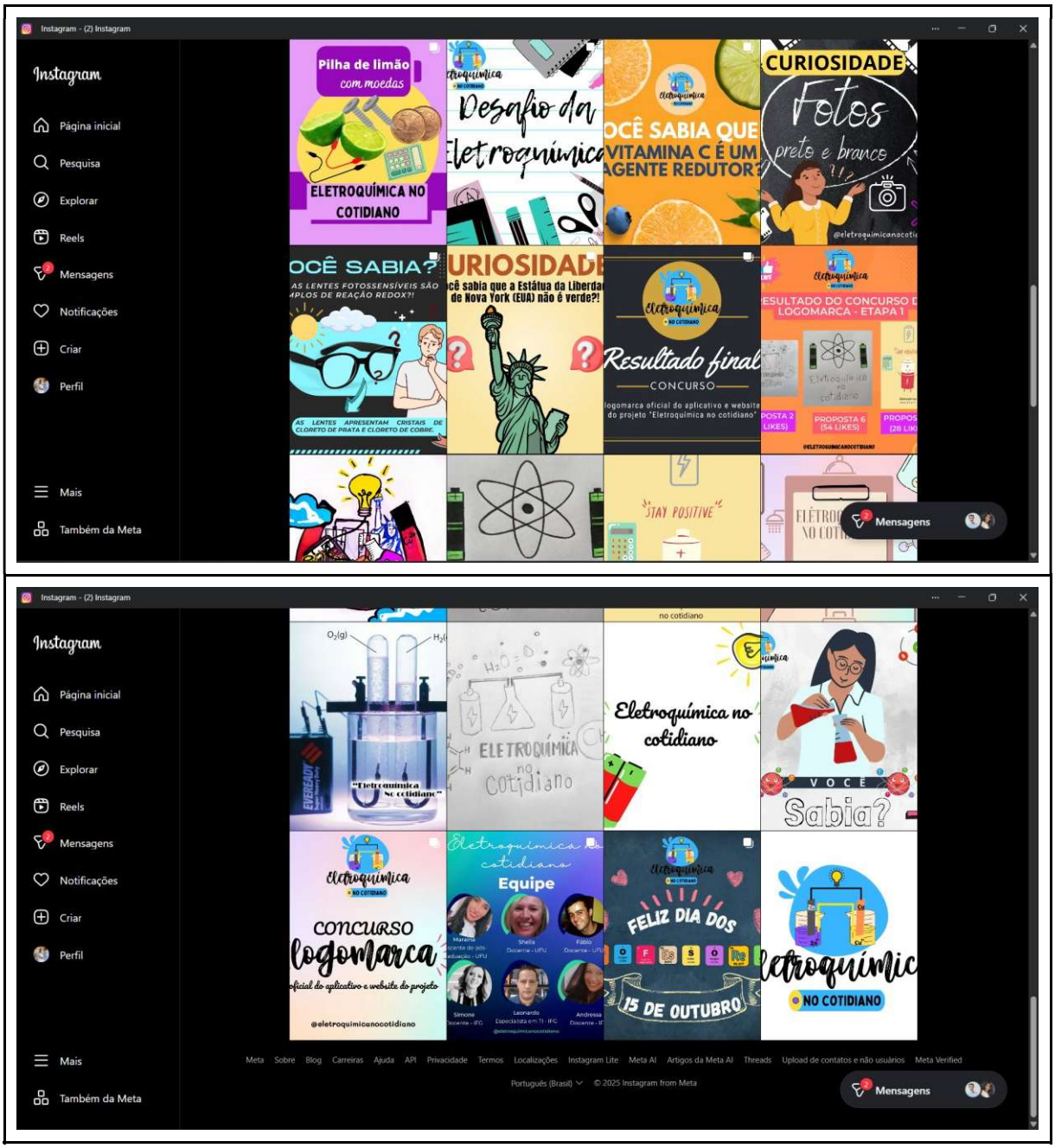
Bibliografia Complementar:

- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas.** v. 2. Cengage Learning: São Paulo, 2012. 404 p.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** Volume único. 7ª ed. Saraiva: São Paulo, 2006. 672 p.

Data	Assinatura
03/10/2022	Maraína Souza Medeiros **Maraína Souza Medeiros** (Pesquisadora - Doutorado em Química/UFU)

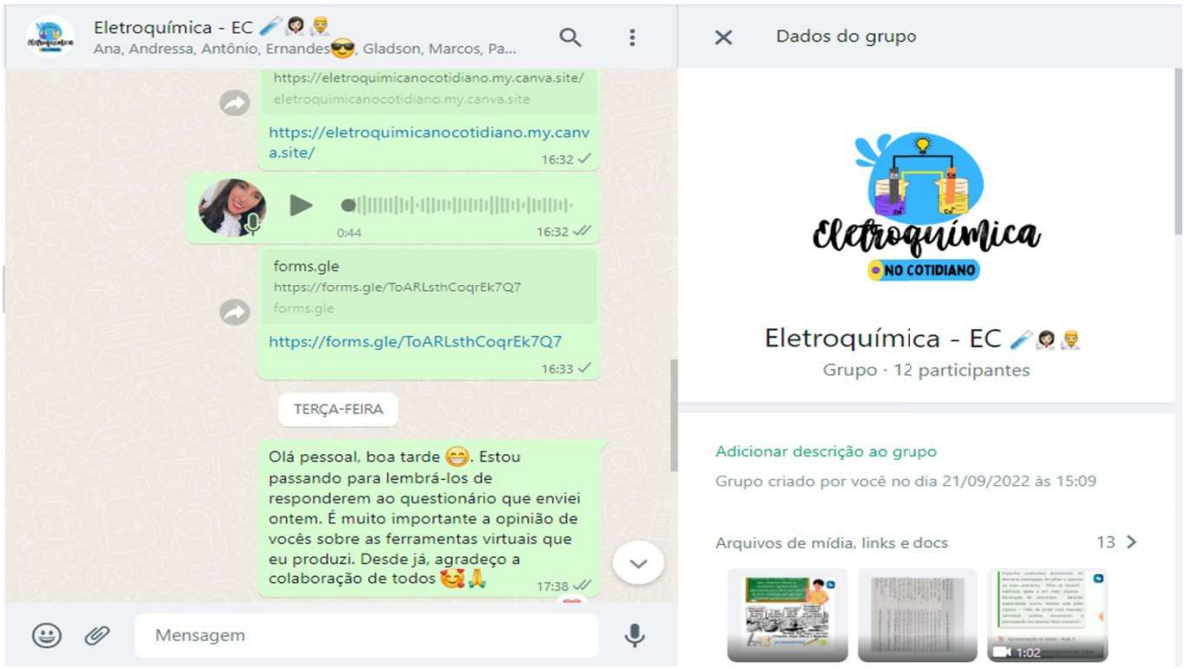
APÊNDICE K – INSTAGRAM DO PROJETO *ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO*



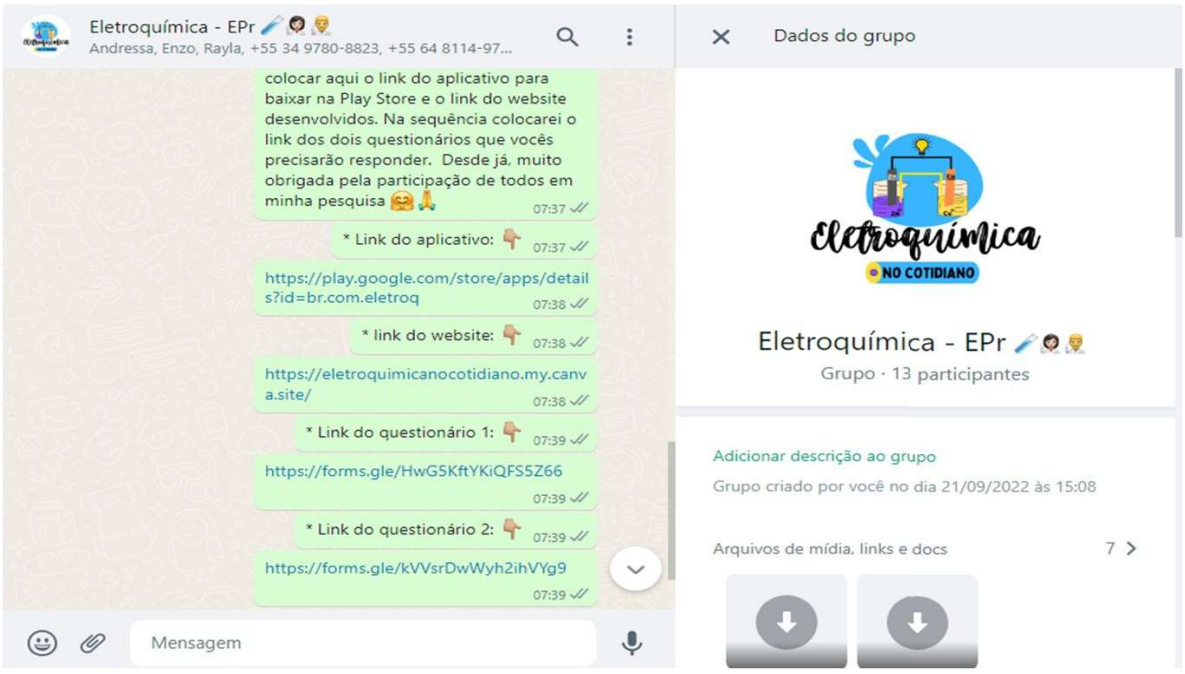

Instagram - (2) Instagram
Instagram
Página inicial
Pesquisa
Explorar
Reels
Mensagens
Notificações
Criar
Perfil
Mais
Também da Meta
Pilha de limão com moedas
ELETROQUÍMICA NO COTIDIANO
Desafio da Eletroquímica
OCÊ SABIA QUE VITAMINA C É UM AGENTE REDUTOR?
CURIOSIDADE
Fotos preto e branco
OCÊ SABIA?
AS LENTES FOTOSSENSÍVEIS SÃO EXEMPLOS DE REAÇÃO REDOX?!
AS LENTES APRESENTAM CRISTAIS DE CLORETO DE PRATA E CLORETO DE COBRE.
URIOSIDADE
cê sabia que a Estátua da Liberdade de Nova York (EUA) não é verde?!
Resultado final
CONCURSO
logomarca oficial do aplicativo e website do projeto "Eletroquímica no cotidiano"
RESULTADO DO CONCURSO
LOGOMARCA - ETAPA 1
PROPOSTA 2 (2 LIKES)
PROPOSTA 6 (54 LIKES)
STAY POSITIVE
Mensagens
Instagram - (2) Instagram
Instagram
Página inicial
Pesquisa
Explorar
Reels
Mensagens
Notificações
Criar
Perfil
Mais
Também da Meta
ELETROQUÍMICA no Cotidiano
Eletroquímica no cotidiano
VOCÊ Sabia?
CONCURSO logomarca
oficial do aplicativo e website do projeto
@eletroquimicanocotidiano
Equipe
FELIZ DIA DOS
15 DE OUTUBRO
NO COTIDIANO
Meta Sobre Blog Carreiras Ajuda API Privacidade Termos Localizações Instagram Lite Meta AI Artigos da Meta AI Threads Upload de contatos e não usuários Meta Verified
Português (Brasil) © 2025 Instagram from Meta
Mensagens

APÊNDICE L - GRUPOS DE *WHATSAPP* PARA CADA ESCOLA

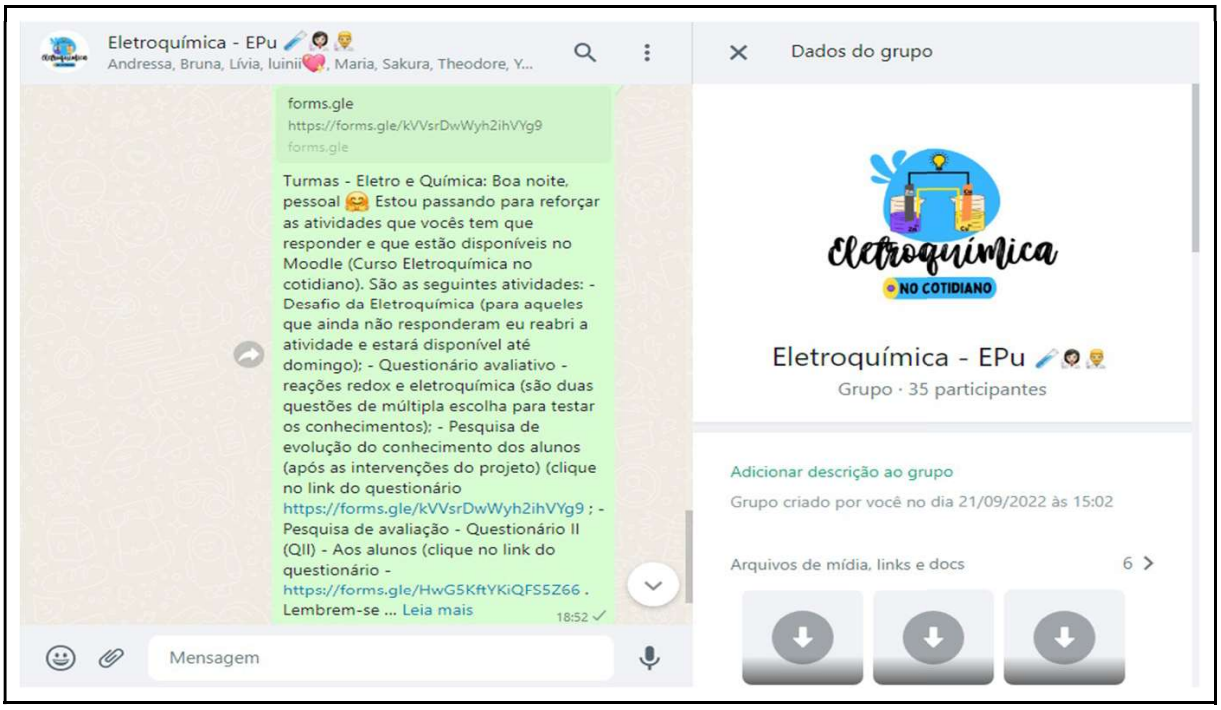
Escola do Campo



Escola Privada



Escola Pública


Eletroquímica - EPu
Andressa, Bruna, Lívia, luinii, Maria, Sakura, Theodore, Y...
forms.gle
https://forms.gle/kVVsrDwWyh2ihVYg9
forms.gle
Turmas - Eletro e Química: Boa noite, pessoal Estou passando para reforçar as atividades que vocês tem que responder e que estão disponíveis no Moodle (Curso Eletroquímica no cotidiano). São as seguintes atividades: - Desafio da Eletroquímica (para aqueles que ainda não responderam eu reabri a atividade e estará disponível até domingo); - Questionário avaliativo - reações redox e eletroquímica (são duas questões de múltipla escolha para testar os conhecimentos); - Pesquisa de evolução do conhecimento dos alunos (após as intervenções do projeto) (clique no link do questionário https://forms.gle/kVVsrDwWyh2ihVYg9 ; - Pesquisa de avaliação - Questionário II (QII) - Aos alunos (clique no link do questionário - https://forms.gle/HwG5KftYKiQFS5Z66 . Lembrem-se ... Leia mais
18:52
Mensagem
Dados do grupo
Eletroquímica
NO COTIDIANO
Eletroquímica - EPu
Grupo · 35 participantes
Adicionar descrição ao grupo
Grupo criado por você no dia 21/09/2022 às 15:02
Arquivos de mídia, links e docs
6

APÊNDICE M - QUESTIONÁRIO II (QII) PARA VALIDAÇÃO DO APLICATIVO E *WEBSITE* - AOS DISCENTES

QUESTIONÁRIO II (QII)

Público-alvo: alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 1ª série do Ensino Médio.

Tempo estimado para responder o questionário: 30 minutos.

Objetivo do instrumento de coleta de dados: Caro (a) aluno (a), o presente questionário avaliativo tem a pretensão de averiguar as potencialidades e restrições do aplicativo e *website* desenvolvidos para o ensino remoto de conteúdos de eletroquímica numa abordagem contextualizada. Nesse sentido, contamos com a sua contribuição para avaliar o uso pedagógico dessas ferramentas digitais nas três escolas selecionadas neste estudo conduzido pela professora Dra. Sheila Cristina Canobre do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a discente de doutorado do programa de pós-graduação em química da UFU, Maraína Medeiros Fernandes. Desde já, agradecemos a sua participação!

Metodologia de aplicação do questionário: O presente instrumento de coleta de dados será transferido para um aplicativo de gerenciamento de pesquisas gratuito (*Google Forms*) a fim de se obter os dados da pesquisa de forma simples, eficiente e virtual. Ademais, o uso do *Google Forms* como instrumento para coletar os dados da pesquisa se justifica por se tratar de uma ferramenta digital pedagógica extremamente utilizada para facilitar o processo ensino-aprendizagem na modalidade remota.

Perfil do aluno
1 - Em qual escola você está matriculado (a)? ( ) Escola Pública – EPu ( ) Escola Privada – EPr ( ) Escola do Campo – EC
2 - Em qual etapa da educação básica você está matriculado (a)? ( ) 9º ano do Ensino Fundamental ( ) 1ª série do Ensino Médio
Layout* do aplicativo e *website
3 - A logomarca das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*) é atraente e traduz com clareza o objetivo pedagógico? ( ) Péssima. ( ) Ruim. ( ) Regular. ( ) Boa. ( ) Excelente.

4 - Os assuntos apresentados no *Menu* principal do aplicativo e *website* são úteis e adequados para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica? ( ) Péssimos. ( ) Ruins. ( ) Regulares. ( ) Bons. ( ) Excelentes.
5 - A linguagem e a fonte utilizadas nas ferramentas produzidas (aplicativo e *website*) são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos abordados? ( ) Totalmente, pois apresentam uma linguagem simples, fonte adequada e imagens que são intuitivas. ( ) Parcialmente, pois em algumas partes apresentam palavras científicas de difícil compreensão ou que não foram devidamente conceituadas. ( ) O aplicativo e *website* não apresentam linguagem simples, a fonte é de difícil visualização e as figuras não facilitam a compreensão dos conteúdos.
6 - Qual a avaliação do seu grau de aprendizagem em relação ao uso das duas ferramentas educativas na aprendizagem de conteúdos de eletroquímica? ( ) Péssima. ( ) Ruim. ( ) Regular. ( ) Boa. ( ) Excelente.
Potencialidades e limitações do *app* e *website*

7 - Qual(is) o(s) aspecto(s) positivo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?

( ) Não trava durante o uso.
( ) Não consome muita memória do aparelho telefônico quando o *app* é instalado.
( ) O *app* e *website* são de fácil navegação, o que viabiliza seu uso. Além disso, poupa o usuário de investir tempo para aprender a usá-las.
( ) O *app* é gratuito, funciona em modo off-line e uso em dispositivos móveis (sistema *Android*).
( ) Apresentam uma abordagem correta e de fácil compreensão de conceitos eletroquímicos.
( ) Abordagem contextualizada das reações de oxirredução que se aproximam da vivência dos alunos.
( ) Apresentam conteúdo e fontes confiáveis, incluindo atividades extras para fixar o conteúdo estudado.
( ) Apresentam idioma em português e manual de instrução para o usuário.
( ) Participação ativa dos professores e alunos na construção do *app* e *website* com relação à logomarca, o que mostra a valorização dos participantes na pesquisa.
( ) A logomarca desenvolvida é de fácil compreensão e, por isso, facilita a busca na *web* e nas lojas de aplicativos.
( ) As ferramentas desenvolvidas são dinâmicas e interativas complementando os conteúdos abordados no livro didático.
( ) Apresentam recursos visuais e auditivos que oferecem um aprendizado interativo para os estudantes.
( ) As ferramentas oferecem ao usuário novas chances para responder os exercícios de aplicação quando as respostas estão erradas.
( ) Outras potencialidades._____

8 - Cite qual(is) o(s) aspecto(s) negativo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?

R: _____

9 - Qual das atividades pedagógicas listadas abaixo favoreceu a compreensão dos conceitos de oxirredução durante as aulas ministradas?

( ) O uso do *app* e *website*
( ) Apresentação de slides no PowerPoint
( ) Roda de conversa com a pesquisadora de Doutorado.
( ) Pesquisas na *web*
( ) Nenhuma das atividades listadas.

Materiais educativos alternativos

10 - Qual o seu nível de satisfação quando o professor utiliza materiais alternativos ou ferramentas virtuais para o ensino-aprendizagem de conteúdos de Ciências ou de Química?

( ) 0
( ) 1
( ) 2
( ) 3
( ) 4
( ) 5
( ) 6
( ) 7
( ) 8
( ) 9
( ) 10

Formação discente quanto ao uso de tecnologias

11 - Com base no seu nível de conhecimento quanto às tecnologias digitais, como você avalia sua experiência com o *app* e *website*?

( ) Satisfatória, pois uso com frequência aplicativos e sites de pesquisas.
( ) Excelente, pois gosto de utilizar as tecnologias digitais em qualquer atividade do meu dia-a-dia.
( ) Limitante, pois apresentei dificuldades de manuseio em algumas funcionalidades e recursos.
( ) Péssima, pois não tenho experiência com as plataformas digitais usadas nas aulas.
( ) Nenhuma das alternativas.

Funcionalidades do aplicativo e *website*

12 - Qual(is) tópico(s) do aplicativo e *website* mais atraiu sua atenção? É possível marcar mais de uma opção!

( ) A apresentação da equipe executora responsável pelo desenvolvimento das ferramentas educativas.
( ) As reações de oxirredução em exemplos do cotidiano.
( ) Conceitos de pilhas e eletrólise.
( ) Eletroquímica e o cotidiano.
( ) Exercícios de aplicação.
( ) O uso de uma logomarca criada pelos próprios alunos.

13 - Em termos visuais, qual característica do *app* e *website* impactou positivamente para o sucesso da sua aprendizagem sem a presença efetiva do professor?

( ) O *layout* colorido e interativo, e o uso de sons.
( ) Os conteúdos abordados na forma de seções individuais no Menu principal.
( ) Os exercícios de aplicação sugeridos para reforçar o ensino-aprendizagem dos conteúdos de eletroquímica.
( ) O equilíbrio entre textos, figuras e animações, tornou a aprendizagem mais fácil e intuitiva.
( ) Outros._____

14 - Em quanto tempo, em média, você gastou para estudar os conteúdos abordados nas ferramentas digitais desenvolvidas (*app* ou *website*) e na resolução dos exercícios propostos?

( ) Menos de 10 minutos.
( ) Entre 10 a 20 minutos.
( ) Entre 20 a 30 minutos.
( ) Acima de 30 minutos.

Aplicações do tema abordado e os conteúdos de eletroquímica

15 - Antes de utilizar o *app* e *website*, quais foram as suas dificuldades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem de reações de oxirredução?

( ) Prever qual espécie sofre oxidação e qual sofre redução a partir dos potenciais padrão de redução.
( ) Entender que as pilhas são processos espontâneos e a eletrólise é não-espontânea.
( ) Diferenciar pilhas de eletrólise a partir do valor de variação do potencial padrão da reação global.
( ) Identificar os agentes oxidante e redutor na reação de oxirredução global.
( ) Identificar o ânodo e o cátodo na reação de oxirredução global.
( ) Distinguir os pólos positivos e negativos de uma pilha galvânica e de uma eletrólise.
( ) Fazer o balanceamento das reações de oxirredução.
( ) Reconhecer que no cátodo ocorre a redução e no ânodo a oxidação.
( ) Calcular o número de oxidação das espécies envolvidas.
( ) Outras. _____

APÊNDICE N - QUESTIONÁRIO II (QII) PARA VALIDAÇÃO DO APLICATIVO E *WEBSITE* - AOS DOCENTES

QUESTIONÁRIO II (QII)

Público-alvo: professores de Ciências e de Química.

Tempo estimado para responder o questionário: 30 minutos.

Objetivo do instrumento de coleta de dados: Caro docente, o presente questionário avaliativo tem a pretensão de averiguar as potencialidades e restrições do aplicativo e *website* desenvolvidos para o ensino remoto de conteúdos de eletroquímica numa abordagem contextualizada. Nesse sentido, contamos com a sua contribuição para avaliar o uso pedagógico dessas ferramentas digitais nas três escolas selecionadas neste estudo conduzido pela professora Dra. Sheila Cristina Canobre do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a discente de doutorado do programa de pós-graduação em química da UFU, Maraína Medeiros Fernandes. Desde já, agradecemos a sua participação!

Metodologia de aplicação do questionário: O presente instrumento de coleta de dados será transferido para um aplicativo de gerenciamento de pesquisas gratuito (*Google Forms*) a fim de se obter os dados da pesquisa de forma simples, eficiente e virtual. Ademais, o uso do *Google Forms* como instrumento para coletar os dados da pesquisa se justifica por se tratar de uma ferramenta digital pedagógica extremamente utilizada para facilitar o processo ensino-aprendizagem na modalidade remota.

Perfil do professor
1 - Em qual escola você atua como docente? ( ) Escola Pública – EPu ( ) Escola Privada – EPr ( ) Escola do Campo – EC
2 - Em qual disciplina você atua como docente na escola? ( ) Ciências ( ) Química
Layout* do aplicativo e *website
3 - A logomarca das ferramentas desenvolvidas (aplicativo e *website*) apresenta quais características marcantes que reforçam o seu objetivo pedagógico? ( ) Apresenta cores estratégicas que traduzem o foco do tema abordado. ( ) É constituída de uma fonte em letras manuscritas, o que traz um aspecto mais amigável e informal. ( ) A logomarca apresenta versões de diferentes tamanhos. ( ) Passa claramente sua mensagem educativa. ( ) É relevante para o público-alvo. ( ) Apresenta um bom contraste. ( ) Predomina a harmonia entre os elementos que compõem a logomarca. ( ) Outras._____

4 - Os assuntos apresentados no *Menu* principal do aplicativo e *website* são úteis e adequados para aprendizagem de conteúdos de eletroquímica? ( ) Péssimos. ( ) Ruins. ( ) Regulares. ( ) Bons. ( ) Excelentes.
5 - A linguagem e a fonte utilizadas nas ferramentas produzidas (aplicativo e *website*) são claras e facilitam a compreensão dos conteúdos abordados? ( ) Totalmente, pois apresentam uma linguagem simples, fonte adequada e imagens que são intuitivas. ( ) Parcialmente, pois em algumas partes apresentam palavras científicas de difícil compreensão ou que não foram devidamente conceituadas. ( ) O aplicativo e *website* não apresentam linguagem simples, a fonte é de difícil visualização e as figuras não facilitam a compreensão dos conteúdos.
6 - Qual a sua avaliação do uso pedagógico das duas ferramentas educativas desenvolvidas na aprendizagem de conteúdos de eletroquímica? ( ) Péssima, pois as ferramentas apresentaram algumas dificuldades de execução como tempo, timidez dos alunos em se expressar e habilidades com as tecnologias. ( ) Ruim, pois alguns conceitos envolvendo eletroquímica não foram bem assimilados pelos alunos. ( ) Regular, pois os alunos reconheceram que as tecnologias auxiliaram no processo de aprendizagem dos conteúdos. ( ) Boa, pois a participação e interesse dos alunos ao longo das atividades foi bastante positiva. ( ) Excelente, pois o conjunto de estratégias adotadas e a predisposição do aluno nas aulas favoreceram a aprendizagem significativa de conteúdos de eletroquímica.
Potencialidades e limitações do *app* e *website*

7 - Qual(is) o(s) aspecto(s) positivo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?

( ) Não trava durante o uso.
( ) Não consome muita memória do aparelho telefônico quando o *app* é instalado.
( ) O *app* e *website* são de fácil navegação, o que viabiliza seu uso. Além disso, poupa o usuário de investir tempo para aprender a usá-las.
( ) O *app* é gratuito, funciona em modo off-line e uso em dispositivos móveis (sistema *Android*).
( ) Apresentam uma abordagem correta e de fácil compreensão de conceitos eletroquímicos.
( ) Abordagem contextualizada das reações de oxirredução que se aproximam da vivência dos alunos.
( ) Apresentam conteúdo e fontes confiáveis, incluindo atividades extras para fixar o conteúdo estudado.
( ) Apresentam idioma em português e manual de instrução para o usuário.
( ) Participação ativa dos professores e alunos na construção do *app* e *website* com relação à logomarca, o que mostra a valorização dos participantes na pesquisa.
( ) A logomarca desenvolvida é de fácil compreensão e, por isso, facilita a busca na *web* e nas lojas de aplicativos.
( ) As ferramentas desenvolvidas são dinâmicas e interativas complementando os conteúdos abordados no livro didático.
( ) Apresentam recursos visuais e auditivos que oferecem um aprendizado interativo para os estudantes.
( ) As ferramentas oferecem ao usuário novas chances para responder os exercícios de aplicação quando as respostas estão erradas.
( ) Outras potencialidades._____

8 - Cite qual(is) o(s) aspecto(s) negativo(s) presente(s) nas ferramentas desenvolvidas?

R: _____

9 - Qual das atividades pedagógicas listadas abaixo favoreceu a compreensão dos conceitos de oxirredução durante as aulas ministradas?

( ) O uso do *app* e *website*
( ) Apresentação de slides no PowerPoint
( ) Roda de conversa com a discente de doutorado do Programa de Pós-graduação em Química da UFU.
( ) Pesquisas na *web* realizadas pelo aluno.
( ) Nenhuma das atividades listadas.

Materiais educativos alternativos

10 – Ao elaborar o planejamento de suas aulas para o ensino de Ciências ou de Química você têm o hábito de introduzir tecnologias digitais (aplicativos, jogos educativos e outros) para facilitar o ensino-aprendizagem?

( ) Sempre, pois acredito que as tecnologias digitais influenciam positivamente nos processos de ensino e aprendizagem.
( ) Sempre, pois gosto de inovar em minhas aulas e tenho habilidades com as tecnologias.
( ) Parcialmente, pois é preciso manter o equilíbrio entre as metodologias tradicionalistas e alternativas.
( ) Nunca, pois não tenho habilidades com as tecnologias digitais.
( ) Nunca, pois as plataformas digitais favorecem a dispersão do aluno e, consequentemente, o insucesso no processo de ensino e aprendizagem.

Formação docente quanto ao uso de tecnologias

11 - Com base no seu nível de conhecimento quanto às tecnologias digitais, como você acredita que será sua experiência com o *app* e *website* em aulas futuras?

( ) Satisfatória, pois uso com frequência aplicativos e sites de pesquisas.
( ) Excelente, pois gosto de utilizar as tecnologias digitais em qualquer atividade do meu dia-a-dia.
( ) Limitante, pois tenho dificuldades de manuseio em algumas funcionalidades e recursos presentes nas ferramentas desenvolvidas.
( ) Péssima, pois não tenho familiaridade com as tecnologias digitais.
( ) Nenhuma das alternativas.

Funcionalidades do aplicativo

12 - Qual(is) tópico(s) do aplicativo e *website* mais atraiu sua atenção? É possível marcar mais de uma opção!

( ) A apresentação da equipe executora responsável pelo desenvolvimento das ferramentas educativas.
( ) As reações de oxirredução em exemplos do cotidiano.
( ) Conceitos de pilhas e eletrólise.
( ) Eletroquímica e o cotidiano.
( ) Exercícios de aplicação.
( ) O uso de uma logomarca criada pelos próprios alunos e que foi escolhida pelos professores.

13 - Em termos visuais, qual característica do *app* e *website* impactou positivamente para o sucesso da sua aprendizagem sem a presença efetiva do professor?

( ) O *layout* colorido e interativo, e o uso de sons.
( ) Os conteúdos abordados na forma de seções individuais no Menu principal.
( ) Os exercícios de aplicação sugeridos para reforçar o ensino-aprendizagem dos conteúdos de eletroquímica.
( ) O equilíbrio entre textos, figuras e animações, tornou a aprendizagem mais fácil e intuitiva.
( ) Outros._____

14 - Tendo em vista o planejamento de uma aula sobre conteúdos de eletroquímica, em qual momento você acharia mais pertinente para as ferramentas desenvolvidas serem introduzidas?

( ) Antes da aula, como estratégia de introdução do conteúdo.
( ) No meio da aula, após a discussão de alguns conceitos envolvendo eletroquímica.
( ) No fim da aula, como instrumento avaliativo da aula proposta.
( ) Como atividade extraclasse, uma vez que o aluno consegue utilizá-los sem a presença efetiva do professor.
( ) Nenhuma das alternativas.

Aplicações do tema abordado e os conteúdos de eletroquímica

15 - Antes de elaborar o planejamento de uma aula sobre conteúdos de eletroquímica, quais são suas dificuldades relacionadas ao processo ensino-aprendizagem de reações de oxirredução?

( ) Prever qual espécie sofre oxidação e qual sofre redução a partir dos potenciais padrão de redução.
( ) Entender que as pilhas são processos espontâneos e a eletrólise é não-espontânea.
( ) Diferenciar pilhas de eletrólise a partir do valor da variação do potencial padrão da reação global.
( ) Identificar os agentes oxidante e redutor na reação de oxirredução global.
( ) Identificar o ânodo e o cátodo na reação de oxirredução global.
( ) Distinguir os pólos positivos e negativos de uma pilha galvânica e de uma eletrólise.
( ) Fazer o balanceamento das reações de oxirredução.
( ) Reconhecer que no cátodo ocorre a redução e no ânodo a oxidação.
( ) Calcular o número de oxidação das espécies envolvidas.
( ) Outras. _____

APÊNDICE O - QUESTIONÁRIO SOBRE CONTEÚDOS DE ELETROQUÍMICA

QUESTIONÁRIO SOBRE CONTEÚDOS DE ELETROQUÍMICA (ANTES E APÓS A INTERVENÇÃO)

Público-alvo: alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 1ª série do Ensino Médio.

Tempo estimado para responder o questionário: 50 minutos para cada questionário (antes e depois da intervenção).

Objetivo do instrumento de coleta de dados: Caro (a) aluno (a), o presente questionário tem a pretensão de verificar os seus conhecimentos prévios acerca dos conteúdos de eletroquímica aplicados no cotidiano. Além disso, após a utilização do *app* móvel e *website* desenvolvidos, avaliar a evolução do seu conhecimento com a intervenção proposta. Nesse sentido, contamos com a sua contribuição para avaliar os limites e potencialidades da proposta de intervenção (uso de ferramentas pedagógicas digitais) neste estudo conduzido pela professora Dra. Sheila Cristina Canobre do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e pela discente de doutorado do programa de pós-graduação em química da UFU, Maraína Medeiros Fernandes. Desde já, agradecemos a sua participação!

Metodologia de aplicação do questionário: O presente instrumento de coleta de dados será transferido para um aplicativo de gerenciamento de pesquisas gratuito (*Google Forms*) a fim de se obter os dados da pesquisa de forma simples, eficiente e virtual. Ademais, o uso do *Google Forms* como instrumento para coletar os dados da pesquisa se justifica por se tratar de uma ferramenta digital pedagógica extremamente utilizada para facilitar o processo ensino-aprendizagem na modalidade remota. Antes da realização das atividades propostas no projeto, o presente questionário será aplicado aos alunos para verificar seus conhecimentos prévios em relação aos conteúdos de eletroquímica no cotidiano. Após a intervenção proposta, o presente questionário será reaplicado no intuito de analisar a evolução do conhecimento do aluno mediante as estratégias pedagógicas adotadas.

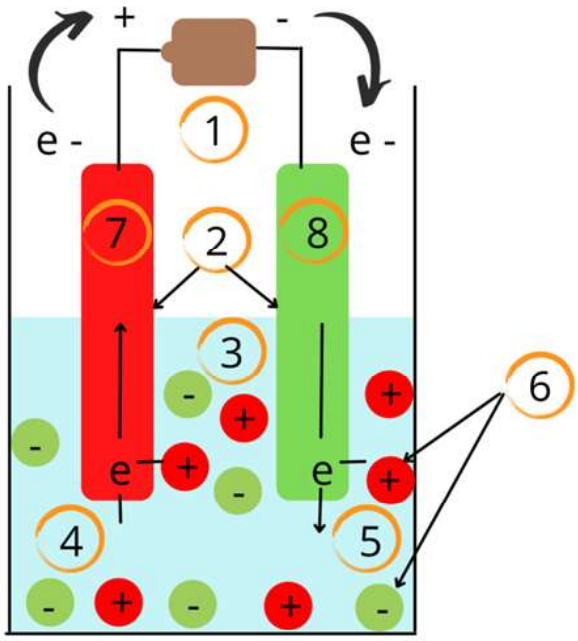
1 – Qual(is) conteúdo(s) de química prévio(s) você julga ser(em) importante(s) para se aprender eletroquímica?

( ) Reações químicas
( ) Balanceamento das reações de oxirredução
( ) Número de oxidação (Nox) dos elementos químicos
( ) condução iônica e eletrônica
( ) Corrente elétrica
( ) Estequiometria
( ) Outros. _____

2 – No Ensino Médio, qual(is) competência(s) e habilidade(s) são esperadas no estudo de eletroquímica?

( ) A compreensão do funcionamento de pilhas e baterias.
( ) Saber analisar os impactos ambientais oriundos do descarte inadequado de pilhas e baterias.
( ) Compreender como ocorre o processo de corrosão de um material.
( ) Reconhecer o potencial das investigações científicas em relação aos processos eletroquímicos para o desenvolvimento de setores industriais.
( ) Compreender como o conhecimento químico está inserido no setor industrial.
( ) Outras competências e habilidades _____

3 – O esboço abaixo representa uma célula eletroquímica. Identifique os componentes enumerados na figura.



Fonte: Célula eletrolítica (Esquema elaborado no Canva por Maraína Medeiros Fernandes).

( ) 1 - bateria; 2 - eletrodos; 3 - solução eletrolítica; 4 - redução; 5 - oxidação; 6 - íons; 7 - ânodo; 8 - cátodo.
( ) 1 - bateria; 2 - eletrodos; 3 - solução eletrolítica; 4 - oxidação; 5 - redução; 6 - íons; 7 - ânodo; 8 - cátodo.
( ) 1 - bateria; 2 - eletrodos; 3 - solução eletrolítica; 4 - oxidação; 5 - redução; 6 - íons; 7 - cátodo; 8 - ânodo.
( ) 1 - bateria; 2 - eletrodos; 3 - solução eletrolítica; 4 - redução; 5 - oxidação; 6 - íons; 7 - cátodo; 8 - ânodo.

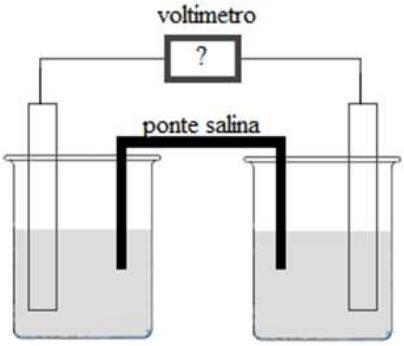
4 – O que você entende por ferrugem?

( ) Fenômeno que ocorre com diversos metais, o qual é provocado pela ação do mar.
( ) Corrosão de metais.
( ) Fenômeno na presença de umidade em que ocorre a oxidação do ferro e a redução do oxigênio.
( ) Não sei responder.

5 – Escreva as semi-reações e a equação global balanceada das reações da célula galvânica: $Cr(s)|Cr^{2+}_{(aq)}||Au^{3+}_{(aq)}|Au_{(s)}$. Identifique e JUSTIFIQUE quem é o catodo e o anodo. Desenhe uma pilha, indicando o catodo, o anodo e o fluxo de elétrons, utilizando o esquema de pilha mostrada abaixo.

DADOS: Potenciais padrão de redução

Semi-reação	$E^0_{(red)}$/V
$Au^{3+}_{(aq)} + 3\ e^- \rightarrow Au_{(s)}$	+1,40
$Cr^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow Cr_{(s)}$	-0,90



6 – Qual(is) do(s) experimento(s) a seguir pode(m) sofrer oxidação após um período de três dias?



Fonte: Experimento envolvendo oxidação (Esquema elaborado no Canva por Maraína Medeiros Fernandes).

( ) Apenas os experimentos A e B.
( ) Apenas os experimentos A e C.
( ) Apenas os experimentos B e C.
( ) Apenas o experimento C.
( ) Nenhum dos experimentos.

7 – Ao analisar comparativamente a energia consumida para produzir alumínio a partir do mineral bauxita (processo eletrolítico) e a energia gasta para reciclar o metal a partir das "latinhas" descartadas é possível concluir que:

*Para cada 1 mol (27 g) de alumínio da bauxita há um gasto energético de 297 kJ
*Para reciclar 1 mol (27 g) de alumínio a partir das "latinhas" descartadas há um gasto energético de 26,1 kJ
*Reação química: $2\ Al_2O_{3\ (s)} + 3\ C_{(s)} \rightarrow 4\ Al_{(l)} + 3\ CO_{2\ (g)}$ T = 1.000°C

( ) Não há diferença significativa entre os dois processos de obtenção do alumínio.
( ) Reciclar o alumínio a partir das "latinhas" poupa em torno de 91% da energia gasta para produzir esse metal pelo processo eletrolítico.
( ) O mineral bauxita é um recurso finito.
( ) Milhões de toneladas de alumínio são descartados, causando poluição do meio ambiente. Portanto, a reciclagem é a melhor solução para resolver o problema de desperdício.
( ) O alumínio é um elemento químico da tabela periódica representado pelo símbolo "Au".

8 – Curiosidade envolvendo eletroquímica: Por que ao morder acidentalmente uma embalagem metálica como de uma bala com os dentes obturados com amálgama, sentimos uma dor significativa? Avalie as afirmações a seguir e assinale a alternativa correta.



Fonte: Dor de dente (Esquema elaborado por Maraína Medeiros Fernandes).

I - O alumínio presente no papel-alumínio é o metal que tem menor potencial de redução, por isso ele sempre irá se oxidar e atuar como agente redutor, transferindo elétrons para os demais metais constituintes do amálgama.
II - A saliva funciona como ponte salina conduzindo os íons do alumínio para a obturação, ocasionando terminações nervosas (dor de dente).
III - O amálgama odontológico utilizado em restaurações dentárias é uma liga metálica e um de seus metais constituintes é o ouro.
IV - Essa dor é provocada pelo estabelecimento de uma espécie de pilha em nossa boca que conduz corrente elétrica pelas terminações nervosas dos dentes.
V – O catodo é o alumínio da embalagem da bala e o anodo é o amálgama odontológico (restauração dentária de cor escura).

( ) Apenas as afirmações I, II e III.
( ) Apenas as afirmações II e III.
( ) Apenas as afirmações III e V.
( ) Apenas as afirmações I, II e IV.
( ) Nenhuma das afirmações.

9 – Curiosidade envolvendo eletroquímica: Quando cozinhamos excessivamente os ovos em um recipiente de alumínio com acabamento polido de prata contendo água é possível observar o escurecimento da parte interna do recipiente. Qual(is) fenômeno(s) aparece(m) nesse experimento?

$Ag_2S_{(s)} + 2\ e^- \leftrightarrow 2\ Ag_{(s)} + S^{2-}_{(aq)}$ -0,69 V

$Al_{(s)} \leftrightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3\ e^-$ +1,68 V

$3\ Ag_2S_{(s)} + 2\ Al_{(s)} \leftrightarrow 6\ Ag_{(s)} + 2\ Al^{3+}_{(aq)} + 3\ S^{2-}_{(aq)}$ +0,99 V

( ) As proteínas da clara do ovo, que contém átomos de enxofre, liberam ácido sulfídrico (H_2S) durante o cozimento.
( ) Há a oxidação superficial do objeto de prata com formação espontânea de uma camada fina e insolúvel de sulfeto de prata (processo de escurecimento do objeto).
( ) As semi-reações são de oxidação do oxigênio e redução da prata.
( ) O oxigênio é o agente redutor e a prata é o agente oxidante.
( ) A diferença de potencial elétrico positiva para a reação global, $\Delta E° = 1{,}92$ V, indica que o processo de transferência de elétrons entre a $Ag_{(s)}$ e o $O_{2(g)}$ ocorre espontaneamente.

10 – Onde você descarta pilhas e baterias após o seu vencimento?

( ) No lixo doméstico.
( ) Em pontos de coleta destinados ao recolhimento de pilhas e baterias.
( ) Na rua ou em terrenos baldios.
( ) Guardo dentro de casa.
( ) Outros locais de descarte._____

11 – Verdadeiro ou falso: "Pilhas e baterias possuem substâncias que podem provocar anemia, problemas neurológicos e desenvolvimento de alguns tipos de câncer". Justifique sua resposta.

R: _____

12 – Qual é a polarização (sinal do pólo) de um anodo e de um cátodo em uma pilha galvânica e em uma eletrólise? Explique.

R: _____

13 – Thomas Edison enfrentou o problema de medir a eletricidade. Sua primeira solução foi usar uma célula eletroquímica em que a quantidade de eletricidade é determinada pela medida da massa de zinco depositada. Que massa de zinco seria depositada em um mês (de 31 dias) se 1,0 mA de corrente passasse pela célula continuamente?

DADO: Massa Molar do Zn = 65,37 $g.mol^{-1}$

$Zn^{2+} + 2\ e^{-} \rightarrow Zn_{(s)}$

Q (carga) = I (corrente em A) x t (tempo em s)

14 – Qual a finalidade da ponte salina na pilha? Justifique.

R: _____

15 – Como você determina qual espécie sofreu oxidação e qual espécie sofreu redução?

R: _____