

Química Experimental por meio de projetos para estudantes de Engenharia Eletrônica: Um relato de experiência

Experimental Chemistry through Projects for Electronic Engineering Students:
An experience report

Rafaelle Bonzanini Romero¹

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adriano Lopes Romero²

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

A Química, disciplina base em cursos de Engenharia, tem sido trabalhada de forma teórico-prática utilizando aulas experimentais baseadas em roteiros previamente definidos pelo professor. Tal abordagem pouco contribui para o desenvolvimento de competências e habilidades características de um profissional da Engenharia. Para mitigar essa limitação formativa, uma possibilidade é trabalhar com o desenvolvimento de projetos baseados na resolução de situações-problemas. Essa foi a perspectiva adotada em uma disciplina de Química Experimental ofertada para estudantes de Engenharia Eletrônica. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar nossa experiência ao trabalhar com pedagogia de projetos. Com base na análise dos artigos produzidos pelas equipes de estudantes, nas respostas dos estudantes a um questionário, e na reflexão de nossa prática docente, inferimos que a substituição de aulas experimentais tradicionais por desenvolvimento de projetos orientados para resolução de situações-problema resulta em ganhos na formação dos estudantes. Nessa perspectiva, os estudantes se tornam agentes centrais no processo de ensino e aprendizagem e desenvolvem competências e habilidades desejadas para um profissional de Engenharia.

Palavras-chave: Pedagogia de projetos; Metodologia ativa; Resolução de problemas; Experimentação; Efluentes têxteis.

ABSTRACT

Chemistry, the primary subject in Engineering courses, has been worked in a theoretical-practical manner using experimental classes based on scripts previously defined by the teacher. This approach needs to contribute more to developing competencies and skills characteristic of an Engineering professional. To mitigate this formative limitation, one possibility is to work with the development of projects based on the resolution of problem situations. This was the perspective adopted in a subject of Experimental Chemistry offered to Electronic Engineering students. This paper aims to present our experience in working with project pedagogy. Based on the analysis of the documents produced by the student teams, the student's answers to a questionnaire, and the reflection on our teaching practice, we infer that the substitution of traditional experimental classes by the development of projects oriented towards the resolution of problem situations results in gains in the students' education. From this perspective, students become central agents

¹ Doutora em Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil. Endereço para correspondência: Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão, Paraná, Brasil, CEP: 87301-899. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0853-1354>.

E-mail: rbromero@utfpr.edu.br.

² Doutor em Educação em Ciências pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil. Endereço para correspondência: Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão, Paraná, Brasil, CEP: 87301-899. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8369-501X>.

E-mail: adrianoromero@utfpr.edu.br.

in the teaching and learning process and develop competencies and skills desired by an Engineering professional.

Keywords: Project Pedagogy; Active Methodology; Problem-Solving; Experimentation; Textile Effluents.

INTRODUÇÃO

O conhecimento químico é base para vários cursos de graduação, tais como os da área de Engenharia. Prado et al. (2005, p. 2), ao refletir sobre “Para que servem as disciplinas de Química e outras ciências básicas nos cursos de Engenharia?”, pontuaram que para além de cumprir com uma exigência das “[...] diretrizes curriculares dos referidos cursos, mais especificamente quando apontam a Química como uma das matérias de formação básica”.

A Resolução CNE/CES nº 2, de 17 de junho de 2010, documento norteador curricular dos cursos de Engenharia no Brasil, salienta no artigo 4º que a formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional, dentre outras competências e habilidades, de identificar, formular e resolver problemas próprios ao campo de conhecimento da Engenharia (RITTER, 2011). Considerando que essas competências e habilidades devem ser desenvolvidas durante a formação do engenheiro, diferentes propostas didático-pedagógicas têm sido desenvolvidas, com enfoque na identificação e resolução de problemas (RAIMONDI; RAZZOTO; 2020; PRADO *et al.*, 2005; RITTER, 2011) ou em outras metodologias ativas (TARDIVO; REZENDE; QUEIROZ, 2006; CAPELLATO; RIBEIRO; SACHS, 2019; PINHEIRO; SOARES, 2022; MACEDO *et al.*, 2022).

Entre as várias metodologias ativas utilizadas, nos diferentes níveis de ensino, em aulas de Química destacamos a experimentação, principal abordagem utilizada em disciplinas práticas de Química em cursos de graduação. Embora em alguns casos a experimentação esteja relacionada a contextos de resolução de problemas (BORGES; GOI, 2022) e que seja utilizada

[...] como um método construtivo devido às suas contribuições no processo de ensino-aprendizagem em dimensões psicológicas, sociológicas e cognitivas [...], é necessário ter cuidado para o tornar apenas uma metodologia de transmissão de conteúdo, onde os alunos apenas recebem passivamente os conceitos sem nenhum questionamento (SOUZA, 2022, p. 42).

Essa limitação do entendimento da natureza pedagógica da experimentação, por parte dos professores, contribui para uma visão de “experimentação empirista do fazer para extrair a teoria, com uma abordagem tradicional do demonstrar para crer, contribuindo para a manter a hegemonia de uma visão de Ciência objetiva, neutra, apoiada nas teorias surgidas da observação” (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004, p. 326). No mesmo sentido, Prado *et al.* (2005, p. 2) alertam que, disciplinas de cunho teórico

baseadas em ensinar teorias prontas e acabadas ou disciplinas de cunho prático ao ensinar receitas “[...] facilmente aplicáveis acabam estimulando o estudante a recorrer a alguma forma de ‘memória auxiliar’, que aparece na forma de pequeníssimos pedaços de papel nos dias de prova, mas que tende a evoluir para dentro de equipamentos eletrônicos com a mesma finalidade”. Essa ideia de experimentação tradicional é utilizada por muitos professores de um modo equivocado, uma vez que é centrada na memorização e comprovação da informação dada, tal como ocorre ao se utilizar roteiros/protocolos que devem ser seguidos para se observar um fenômeno. Tal abordagem não é eficaz em termos de trabalho educativo, uma vez que “[...] muitos deles não são relevantes para os estudantes, pois tanto a problemática quanto o procedimento para resolvê-los já estão determinados” (SOUZA, 2022, p. 42).

Ao refletir sobre a contribuição das disciplinas de cunho prático e do laboratório, espaço onde essas disciplinas são ministradas, Prado *et al.* (2005, p. 7) alerta que

o laboratório costuma ser imaginado como o lugar onde se aprende a “prática” e, por isso, teria um valor maior que o aprendizado da simples “teoria”. Entretanto, pouco adianta um treinamento na operação de equipamentos ou na habilidade em preparar meticulosamente uma “receita”, quando surge um problema novo.

Em sentido oposto, as atividades práticas podem potencializar a aquisição de novos conhecimentos quando diferentes perspectivas para se explicar ou estudar os fenômenos são colocadas para reflexão, estimulando o poder argumentativo e a manifestação das teorias pessoais de cada estudante. Nesse cenário formativo, “o trabalho em pequenos grupos e a confecção de um registro da atividade, com formato similar ao de um artigo científico serve para forçar a explicitação das teorias do grupo sobre os fatos e são um importante item de análise do andamento da disciplina [...]” (PRADO *et al.*, 2005, p. 7). De forma semelhante, Ritter (2011) pontua que a identificação de um problema e a busca por uma solução, faz do aluno de Engenharia um agente não passivo no processo. Tal estratégia, quando utilizada em situações de ensino e aprendizagem, se torna uma metodologia diferenciada e contempla ações como discussão, análise, pesquisa, debates, elaboração de artigo e apresentações orais.

Com base no exposto, e considerando nosso anseio em ofertar situações de ensino e aprendizagem mais significativas e alinhadas às expectativas de formação de estudantes de Engenharia, o presente trabalho tem como objetivo apresentar, de forma reflexiva e crítica, um relato de experiência relacionado à substituição de aulas experimentais

tradicionais por projetos teórico-práticos em uma disciplina de Química Experimental ofertada para estudantes de Engenharia Eletrônica.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção abordamos, de forma breve, alguns aspectos da pedagogia de projetos e dos métodos de tratamento de efluentes têxteis.

Pedagogia de projetos no ensino de Química

O século passado, em meio ao movimento da Escola Nova, marcou o início do método dos projetos, ideia que surgiu em oposição à educação tradicional. O pedagogo suíço Adholphe Ferrière (1879-1960), um dos pioneiros da Escola Nova, defendeu o ideário de que a escola ativa é uma atividade espontânea, pessoal e produtiva, no qual o estudante é o centro das perspectivas educativas. Neste cenário, o filósofo e pedagogo estadunidense John Dewey (1859-1952) foi o primeiro a formular o novo ideário pedagógico, que foi embasado pela ação e não pela instrução, como no ideário da escola tradicional. Dewey defendeu que a educação deveria ser pragmática e pautada nas experiências concretas da vida que se apresentam por meio de problemas a serem resolvidos. Nesta perspectiva educacional, as práticas educativas devem explorar atividades que desenvolvam a capacidade de resolução de problemas (SILVA; TAVARES, 2010; SOUZA; SANTOS; SANTOS, 2020).

A experiência é um conceito básico na filosofia de Dewey e na relação que ele estabeleceu entre a necessidade da educação por meio de experiências, inteligentemente vividas, como um processo de continuidade da vida. Nessa filosofia pragmatista idealizada por Dewey, a escola deve estar conectada com a vida social em geral, com o trabalho de todas as demais instituições: a família, os centros de recreação e trabalho, as organizações de vida cívica, religiosa, econômica e política (SILVA; TAVARES, 2010; SOUZA; SANTOS; SANTOS, 2020).

A filosofia pedagógica de Dewey adentrou o cenário brasileiro por intermédio do político, pedagogo e filósofo brasileiro Anísio Teixeira (1900-1971), que adaptou as ideias deweyanas para a realidade e necessidades da sociedade brasileira (TEIXEIRA, 2020).

A implementação da pedagogia de projetos impõe mudanças na postura pedagógica, além de oportunizar ao estudante um jeito novo de aprender, direcionando o

ensino e a aprendizagem na interação e no envolvimento dos estudantes com as experiências educativas que se integram na construção do conhecimento com as práticas vividas, no momento da construção e resolução de uma determinada situação-problema, o que possibilita transformar o espaço escolar em um espaço vivo e dinâmico, colaborando para mudanças significativas no ensino e para a formação dos estudantes como seres autônomos, conscientes, reflexivos, participativos e felizes (SILVA; TAVARES, 2010).

Outros autores, tais como Kilpatrick (1978) e Hernández e Ventura (2017), defendem a organização das situações de ensino e aprendizagem por meio de projetos. William Heard Kilpatrick (1871-1965) - um pedagogo estadunidense, aluno e colega de Dewey - “estruturou, a partir da sua prática pedagógica, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) em 1918, fundamentando seu pensamento e método a partir da perspectiva de que uma sociedade em mudança apresenta novas exigências para a educação” (PAULA; MOREIRA, 2021, p. 3).

Na década de 1990, os educadores espanhóis Fernando Hernández e Montserrat Ventura, por meio da publicação do livro “A organização do currículo por projetos de trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio”, se tornaram referência quando se trata do uso de projetos em situações de ensino e aprendizagem. Segundo os referidos autores, que cunharam a terminologia de “projetos de trabalho”, que está vinculada à perspectiva do conhecimento globalizado e relacional,

[...] a função do projeto é favorecer a criação de estratégias de organização dos conhecimentos escolares em relação a: 1) o tratamento da informação, e 2) a relação entre os diferentes conteúdos em torno de problemas ou hipóteses que facilitem aos alunos a construção de seus conhecimentos, a transformação da informação procedente dos diferentes saberes disciplinares em conhecimento próprio (HERNÁNDEZ; VENTURA, 2017, p. 59).

As ideais de Dewey, Kilpatrick, Hernández e Ventura convergem para o desenvolvimento de práticas educativas centradas no estudante, cuja organização curricular e conteúdos escolares emergem em situações de ensino e aprendizagem por meio de problemas identificados pelos estudantes e/ou professor e são trabalhados por meio de projetos. Segundo Souza, Santos e Santos (2020, on-line), Dewey orienta para os cinco passos necessários para a organização de um projeto de trabalho:

1º Passo: O reconhecimento do problema ou uma necessidade sentida. O primeiro estágio baseia-se na tomada de consciência de uma dificuldade ou problema.

2º Passo: Formação de hipótese ou alternativas de solução de problemas. O segundo estágio é quando se constroem várias sugestões para as possíveis soluções do problema.

3º Passo: Definição e classificação do problema ou análise da dificuldade. O terceiro estágio está relacionado à quando são feitos o exame e análise da situação e dos seus vários elementos para definir o fator de maior importância e saber delimitar o problema.

4º Passo: Escolha do plano de ação ou a experimentação. O quarto estágio são as consequências de cada solução sugerida e quando são desenvolvidas as soluções mais adequadas e submetidas à ação.

5º Passo: A ação das hipóteses. O quinto estágio é a prova final para a solução proposta, e essa solução pode ser a correta ou não. Em que deve ser verificada de maneira científica caso a solução não seja a correta, busca nas outras hipóteses soluções para o problema.

Nas últimas décadas, a literatura especializada tem registrado um aumento do número de produções científicas relacionadas ao uso da pedagogia de projetos em situações de ensino e aprendizagem (MARTINS; MÜLLER-PALOMAR, 2018; BOZZATO et al., 2021; MATIAS, 2022; SOARES; SILVA; LOPES, 2022). Pereira e Probst (2020, p. 115), por exemplo, argumentam que “[...] a Pedagogia de Projetos rompe com o modelo fragmentado de educação, recriando e transformando o processo educativo, transformando-o em possibilidades de aprendizagem mais significativa, colaborativa e inclusiva”. Santos e Leal (2018, p. 81) pontuam que a pedagogia de projetos é “[...] uma Metodologia que propicia a aprendizagem mais significativa, pois o estudante ao interagir com outros na construção de um projeto se envolve em uma experiência educativa em que o processo de construção de conhecimento não só está relacionado às práticas de vida, confunde-se ou é a própria vida dentro e fora do âmbito escolar”. A “organização de práticas pedagógicas que incentivam uma aprendizagem mais dinâmica e interativa, em que o professor é o mediador, ao mesmo tempo que tira o estudante da passividade, assumindo a posição de construtor do conhecimento” é uma das vantagens da pedagogia de projeto (MATIAS, 2022). Guedes *et al.* (2017, p. 247) orientam que “o professor que opta em trabalhar com projetos deve a todo o momento fazer uma AÇÃO-REFLEXÃO-AÇÃO de sua prática pedagógica, pois é preciso se atualizar e atualizar sua maneira de ensinar”. Ao trabalhar com projetos em situações de ensino e aprendizagem o professor divide tarefas com os estudantes, promovendo assim um ambiente cooperativo e propício à aprendizagem (GUEDES *et al.*, 2017).

Com relação ao ensino de Química, entre as experiências com práticas pedagógicas orientadas pelo uso da pedagogia de projetos, podemos citar os trabalhos de

Menezes e Faria (2003) e Silva *et al.* (2008), ambos explorando problemas relacionados à temas ambientais. Silva *et al.* (2008) utilizaram a pedagogia de projetos, na Educação Básica, para ensinar conceitos químicos a partir do tema água. Os autores relataram que, por meio do uso de atividades teóricas e práticas e visitas de campo, foi possível organizar melhor a aprendizagem dos estudantes a partir das questões e discussões que foram surgindo com o desenvolvimento do projeto. O aumento do interesse dos estudantes pela Química e a construção de relações conceituais mais efetivas foram pontuadas como contribuições do desenvolvimento da prática pedagógica. Com o intuito de minimizar as dificuldades inerentes ao ensino de Química, inicialmente na disciplina de Química Analítica de um curso de Engenharia Civil, Menezes e Faria (2003) idealizaram um projeto envolvendo o monitoramento ambiental, correlacionando os fundamentos de Química Analítica e Bioquímica com o entendimento contextualizado sobre o meio ambiente. Segundo os referidos autores, a utilização da pedagogia de projetos criou uma situação de complementaridade muito favorável ao aprendizado significativo, além de gerar ambientes propícios à colaboração e cooperação.

Para que de fato todas as características e vantagens relacionadas ao ensino e aprendizagem baseado em projetos sejam alcançadas:

Será necessário oportunizar situações em que os alunos participem cada vez mais intensamente na resolução das atividades e no processo de elaboração pessoal, em vez de se limitar a copiar e reproduzir automaticamente as instruções ou explicações dos professores. Por isso, hoje o aluno é convidado a buscar, descobrir, construir, criticar, comparar, dialogar, analisar, vivenciar o próprio processo de construção do conhecimento (MARTINS; TERÇARIOL, 2016, p. 1359).

Zabala (1998, p. 92), ao considerar a importância de se “potencializar a autonomia e possibilitar que os alunos aprendam a aprender”, chama a atenção para o fato de que

O crescimento pessoal dos alunos implica como objetivo último serem autônomos para atuar de maneira competente nos diversos contextos em que haverão de se desenvolver. Impulsionar esta autonomia significa tê-la presente em todas e cada uma das propostas educativas, para serem capazes de utilizar sem ajuda os conhecimentos adquiridos em situações diferentes da que foram aprendidos.

Trabalhar com projeto vai ao encontro do que defende Zabala (1998), nessa perspectiva o professor é o agente que potencializa e organiza situações de ensino nas quais os estudantes encontram condições para desenvolver a autonomia do processo de

aprendizagem, atuando “[...] de forma autônoma não apenas na compreensão, no domínio ou na interiorização dos conteúdos, procedimentais ou atitudinais, como também na definição de objetivos, no planejamento das ações que lhe permitam alcançá-los e em sua realização e controle” (ZABALA, 1998, p. 92).

Tratamento de efluentes têxteis por eletrofloculação e ozonólise

O processamento têxtil é um dos setores mais antigos e tecnologicamente mais complexos. A força fundamental desse setor decorre de sua forte base de produção de uma gama diversificada de fibras/fios, desde fibras naturais até fibras sintéticas e produtos químicos. As indústrias têxteis e suas águas residuais cresceram proporcionalmente ao aumento da demanda por produtos têxteis, causando um grande problema de poluição em todo o mundo (AL PROL, 2019; AZANAW *et al.*, 2022).

Muitos produtos químicos usados no processamento têxtil, como corantes e produtos químicos auxiliares, são perigosos para o meio ambiente e para a saúde humana. Os problemas ambientais globais associados ao setor têxtil são geralmente aqueles relacionados à poluição da água causada pelo descarte de efluentes não tratados e pelo uso de produtos químicos tóxicos durante o processamento. Os efluentes têxteis são uma preocupação ambiental porque reduzem as concentrações de oxigênio, devido à presença de hidrossulfetos, e bloqueiam a passagem de luz nos corpos d'água, ambos prejudiciais ao ecossistema aquático (AL PROL, 2019; AZANAW *et al.*, 2022).

Quanto aos corantes, substâncias químicas de difícil degradação (PEIXOTO, F. P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, 2013), estima-se que cerca de 15% seja perdido durante o processamento dos têxteis e liberado nas águas residuais. Entre os potenciais efeitos nocivos desses compostos estão a carcinogenicidade e a interferência na atividade fotossintética de plantas aquáticas. Esses compostos são de difícil remoção por métodos tradicionais, fato que continua motivando pesquisas para obter técnicas alternativas e mais eficientes para remoção dessas substâncias presentes em efluentes têxteis (ALVES *et al.*, 2019).

Com a previsão de restrições mais severas no futuro, medidas de controle devem ser implementadas para minimizar a poluição dos efluentes. Os processos de fabricação de têxteis abrangem operações de pré-tratamento, tingimento, impressão e acabamento. Esses processos de produção não apenas consomem grandes quantidades de energia e água, mas também produzem uma quantidade significativa de produtos residuais. Para

reduzir o impacto da poluição do processo têxtil, é necessário adaptar práticas como o tingimento sustentável, o uso de tecnologias novas e menos poluentes, o tratamento eficaz de efluentes e a reciclagem de processos residuais (AZANAW *et al.*, 2022).

Existem várias técnicas para remoção de corantes presentes em efluentes têxteis, que envolvem métodos biológicos, químicos e físicos, além de tratamentos combinados. Os métodos biológicos incluem degradação aeróbica e anaeróbica, biorremediação por bactérias e fungos e algas, enquanto os métodos químicos compreendem coagulação ou floculação combinadas por meio de flutuação e filtração, precipitação, eletroflotação, coagulação eletrocinética, métodos convencionais de oxidação por agentes oxidantes, como ozônio, irradiação ou processos eletroquímicos. Além disso, tecnologias físicas como adsorção, troca iônica e métodos de coagulação por filtração (AL PROL, 2019), ver quadro 1.

Quadro 1 - Métodos para remoção de corantes de águas residuais.

Classificação do método	Exemplos de métodos
Biológico	Branqueamento na presença de fungicidas; Adsorção na biomassa microbiana; Degradação aeróbica e degradação anaeróbica; Biorremediação; Nitrificação, desnitrificação; Reatores de fermentação; Tanques de lodo ativado.
Químico	Processos oxidativos; Oxidação fotoquímica (reações de Fenton); Fotocatálise heterogênea; Ozonização; Oxidação com hipoclorito de sódio (NaOCl); Oxidação eletroquímica; Coagulação; Eletrofloculação; Troca iônica.
Físico	Irradiação; Processos envolvendo membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa).

Fonte: Adaptado de Al Prol (2019, p. 7).

Entre os vários métodos indicados no quadro 1, chamamos a atenção para a eletrofloculação e ozonólise. A eletrofloculação é um método que consiste em produzir flocos de hidróxido metálico no interior da água residual por meio da eletrodissolução do ânodo feito de ferro (Fe) ou alumínio (Al), bem como para a formação de bolhas de gás hidrogênio, capazes de promover a coagulação e flotação de materiais suspensos e coloidais (GRECCO; SOUZA; ZANONI, 2022). Tal processo constitui-se na passagem de corrente elétrica através de uma célula eletrolítica, originando dois processos distintos: eletrocoagulação e eletroflotação (FLECK; TAVARES; EYNG, 2013). As desvantagens do método estão relacionadas a necessidade da adição constante de reagentes, rigoroso controle de pH, custo operacional elevado e geração de novos resíduos. Esses resíduos, por sua vez, podem apresentar riscos toxicológicos, e devem ser dispostos em aterros

específicos segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Como consequência, o uso da eletrofloculação pode resultar em poluição secundária cumulativa (GRECCO; SOUZA; ZANONI, 2022).

A ozonização é um método muito eficaz no tratamento de águas residuais e é considerada um bom método para a descoloração de efluentes têxteis, pois o ozônio (O_3) ataca as ligações duplas conjugadas ao nitrogênio, que geralmente conferem cores às substâncias químicas. As reações de ozonização podem ser classificadas, com base no pH da solução, em reação direta e reação indireta. A taxa de decomposição do ozônio é afetada pelo pH da solução e pela concentração inicial do corante. Em meio básico, o ozônio se decompõe rapidamente para produzir o radical hidroxila, mas em condições ácidas, o ozônio pode reagir diretamente com substratos orgânicos como um eletrófilo. O processo de ozonização não forma lodo por causa da decomposição completa dos corantes, reduzindo assim a toxicidade dos subprodutos (AL PROL, 2019).

METODOLOGIA

Tipo de estudo. O presente trabalho é um relato de experiência que busca apresentar, de forma reflexiva e crítica, uma prática docente relacionada à substituição de aulas experimentais tradicionais por projetos teórico-práticos em uma disciplina de Química ofertada em um curso de Engenharia Eletrônica. Trata-se de um tipo de manuscrito que considera a experiência como ponto de partida para a aprendizagem, que pode ser entendido “como produto científico próprio às ciências humanas e à pós-modernidade” (DALTRO; FARIA, 2019, p. 223) e que permite “a apresentação crítica de práticas e/ou intervenções científicas e/ou profissionais” (MUSSI; FLORES; ALMEIDA, 2021, p. 60).

Cenário do estudo. A disciplina de Química é ofertada no segundo semestre do curso de Engenharia Eletrônica, ofertado por uma universidade federal localizada no estado do Paraná, possui carga horária total de 90 horas/aula, distribuídas em 60 horas/aula teórica e 30 horas/aula prática. A ementa da disciplina envolve conteúdos básicos de Química: Cinética química; equilíbrio químico; termodinâmica química; eletroquímica e corrosão; ligações químicas; o estado sólido. O objetivo da disciplina é

Promover a discussão dos aspectos conceituais da química que permitam a compreensão da constituição, propriedades e transformações dos materiais, destacando as implicações sociais relacionadas à sua produção e a seu uso. [...] Propor investigação de problemas relacionados à química, utilizando

procedimentos experimentais. Reconhecer os aspectos químicos relevantes na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente. Reconhecer as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico da química e aspectos sociopolítico-cultural.

Período de realização da experiência. Os projetos teórico-práticos foram desenvolvidos no primeiro semestre, durante os meses de março a junho, de 2022. Esse período foi marcado pelo retorno das aulas presenciais e pela adoção de medidas de biossegurança contra a pandemia da COVID-19, tais como: (i) Estar vacinado(a), com esquema vacinal válido ou em dia contra COVID-19; (ii) Usar máscaras de proteção individual, cobrindo nariz e boca; (iii) Higienizar frequentemente as mãos e usar álcool 70%; (iv) Manter o distanciamento seguro e evitar aglomerações.

Sujeitos envolvidos na experiência. Participaram da pesquisa 12 dos 19 estudantes de Engenharia Eletrônica matriculados na disciplina de Química. O grupo era formado por rapazes com idade entre 18 e 20 anos, que estavam cursando a disciplina em questão pela primeira vez.

Descrição da experiência. A prática pedagógica foi realizada em 14 aulas, de 2 horas/aula cada, durante o primeiro semestre de 2022. Na primeira aula, apresentamos informações relacionadas à disciplina (tais como objetivos, critérios de avaliação, dinâmica das aulas), questões relativas à segurança no laboratório e da abordagem didática adotada, desenvolvimento de projetos teórico-práticos.

Para identificação da situação-problema a ser estudada buscamos nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) potenciais temas de interesse, comum entre estudantes e professores. Encontramos no ODS 6 “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”, principalmente nos objetivos específicos 6.3 e 6.6, uma situação-problema que envolve conhecimento químico e pode ser considerado um problema de Engenharia, quando se considera os grandes volumes de água que precisam ser tratadas:

6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, **reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.**

6.6 Até 2020, proteger e **restaurar ecossistemas relacionados com a água**, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, c2023, on-line).

Como tipo de água residual a ser tratada elegemos os efluentes têxteis, uma vez que esse tipo de resíduo é um problema que afeta muitos países, inclusive o Brasil.

Na segunda e terceira aula, as equipes de estudantes buscaram por alternativas de solução ao problema anteriormente identificado e delimitaram o problema para que se tornasse uma situação pesquisável. Nesse momento, dois tipos de alternativas emergiram entre as quatro equipes: o uso dos métodos de eletrofloculação e ozonólise para o tratamento de efluentes têxteis.

Entre a quarta e décima segunda aula, as equipes de estudantes executaram o plano de ação para resolução do problema, que envolveu: preparação de efluentes têxteis simulados; estudo de condições reacionais para a eletrofloculação/ozonólise; estudo cinético do processo de tratamento do efluente têxtil; avaliação da qualidade da água tratada, considerando aspectos sensoriais e características físico-químicas; avaliação da presença de potenciais substâncias tóxicas presentes na água tratada por meio de bioensaios (germinação de sementes); coleta, organização e interpretação dos dados obtidos durante o desenvolvimento do projeto.

A décima terceira aula foi reservada para as equipes finalizarem as compilações dos dados obtidos, discutirem os resultados, darem encaminhamento às redações dos artigos e prepararem as apresentações para o dia da socialização.

Na última aula as equipes socializaram as pesquisas realizadas, por mediação dos professores, os resultados obtidos foram comparados buscando avaliar as vantagens e limitações dos dois métodos utilizados para o tratamento de efluentes têxteis simulados.

Instrumentos de coleta de dados. Foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados: artigos produzidos por equipes de estudantes e questionários respondidos pelos estudantes.

Os artigos foram produzidos coletivamente pelas equipes a partir de um *template* em MS-WORD® com informações sobre cada uma das seções de um artigo científico. Essa produção foi finalizada no final do semestre e consistiu em um dos critérios de avaliação da disciplina. Foram produzidos no total quatro artigos, sendo dois utilizando eletrofloculação (artigos produzidos pelas equipes G1 e G2) e dois utilizando ozonólise (artigos produzidos pelas equipes G3 e G4) como métodos de tratamento de efluentes. Os artigos foram analisados buscando evidências de: (i) vantagens e limitações relacionadas ao uso de projetos como abordagem didática e; (ii) de conteúdos de aprendizagens do tipo

conceitual, procedimental e atitudinal (ZABALA, 1998) desenvolvidos por parte dos estudantes.

O questionário, respondido individualmente e voluntariamente pelos estudantes, era formado por dez questões do tipo Likert e três questões abertas. Para constatar o grau de concordância dos estudantes com cada afirmativa, optou-se por utilizar uma escala do tipo Likert, na qual os estudantes tinham as seguintes opções de resposta: concordo totalmente; concordo parcialmente; nem concordo nem discordo; discordo parcialmente; e discordo totalmente. Com a finalidade de identificar a direção das respostas dos estudantes para a concordância ou a discordância com cada proposição feita, determinou-se para discordo totalmente, discordo parcialmente, não concordo nem discordo, concordo parcialmente e concordo totalmente, os valores 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Para cada uma das afirmativas determinou-se a média: (i) um escore alto, quando o valor é maior ou igual a quatro, indica evidências de concordância parcial ou total; (ii) um escore baixo, quando o valor é menor ou igual a três, indica discordância total ou parcial com a afirmativa (SILVA JÚNIOR; COSTA, 2014; SCARPARO; MARQUES; DEL PINO, 2018).

ANÁLISES E RESULTADOS

A partir da análise dos artigos produzidos pelos grupos de estudantes, observamos que as quatro equipes identificaram o problema a ser pesquisado logo na introdução do trabalho:

[...] A qualidade da vida humana está diretamente ligada com a qualidade da água [...]. O despejo de resíduos químicos provenientes das indústrias, atualmente, geram problemas irreversíveis diante a fauna e flora do planeta terra. [...] Este projeto tem como objetivo criar um eletrofloculador de baixo custo e de médio porte com a total ideia de teste e experimentação para fins didáticos. (G1, p. 2)

O desenvolvimento industrial tem provocado inúmeros impactos ambientais, a Indústria gera uma quantidade elevada de efluente, devido a utilização de água em seu processo produtivo, pois quando não é tratado da maneira correta deteriora a qualidade da água. A eletrofloculação chega como uma alternativa inovadora, sendo um método experimental utilizado ainda em pequena escala. (G2, p.1)

Diferentes tipos de indústrias produzem diferentes resíduos, com cada vez menos espaço, encontram uma saída simples para se livrarem de seus efluentes, o descartam em rios e lagos. O descarte incorreto de efluentes industriais afeta o ambiente de diversas formas diferentes, prejudica a fauna e flora do local, de modo que todo o ecossistema acaba sofrendo danos [...] gerando problemas

cada vez maiores para os seres vivos que vivem na região. [...] prejudicando até mesmo a vida humana. (G3, p. 1)

[...] as indústrias vêm se desenvolvendo cada vez mais em todo o mundo, dessa forma produzindo mais e como consequência gerando mais resíduos. É aí que entram os efluentes líquidos, que são apenas uma das várias formas das quais podem ser encontrados estes resíduos. O descarte incorreto destes efluentes podem causar diversos problemas ambientais. (G4, p. 1)

Podemos observar que as equipes buscaram contextualizar o projeto desenvolvido, justificando o porquê de se estudar os métodos de eletrofloculação e ozonólise para o tratamento de efluentes. A seguir são apresentados excertos relacionados a contextualização da situação-problema que motivou o desenvolvido dos projetos:

A proposta de desenvolvimento de um eletrofloculador para o tratamento de efluentes que geram um dano na fauna e flora mundial [...]. (G1, p. 3)

[...] o uso de maneiras alternativas para a limpeza e o tratamento de água podem ser conhecidas. A eletrofloculação é uma delas, utilizada para tratamento de água por meio de eletricidade para separar a contaminação e resíduos na água. A realização deste método consiste na produção de uma solução aquosa para torná-la uma eletrólise aquosa e facilitar o processo de separação dos poluentes. (G2, p. 1)

Existem diversos tipos de tratamento de efluentes, dentre eles a ozonização [...], o ozônio é um agente oxidante que pode ser muito útil no tratamento de água e, não é muito utilizado no Brasil. Através de um ozonizador, que é um gerador de ozônio, é possível realizar o tratamento da água de forma segura, não liberando resíduos tóxicos após o tratamento e não prejudicando a vida aquática e nem as plantas e humanos. (G3, p. 3)

[...] a utilização do ozônio mostra ser um método bastante atrativo, o principal motivo disto está no seu alto potencial de oxidação, o que torna o processo de tratamento mais rápido. [...] e sua capacidade de reagir com vários compostos [...]. (G4, p. 1)

Esse tipo de objetivo é muito diferente do que se observa em uma disciplina de Química Experimental tradicional, no qual as aulas práticas são orientadas para o desenvolvimento de operações básicas da área de Química seguindo roteiros/protocolos experimentais previamente definidos pelo professor. Para a realização dos projetos, a experimentação foi consequência da identificação e tentativa de resolução de um problema de cunho socioambiental. Tal abordagem vai ao encontro do que orienta:

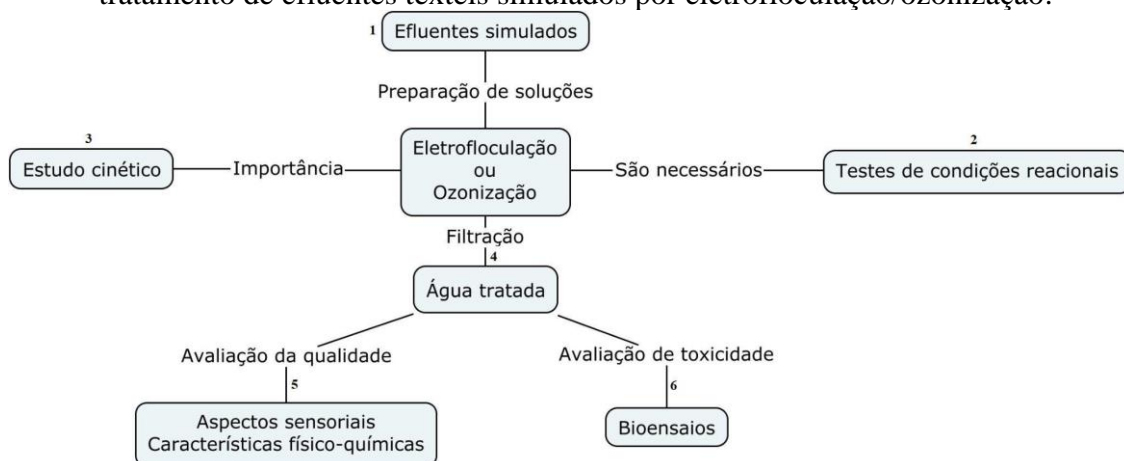
(i) as diretrizes curriculares para os cursos de Engenharia, ao considerar que a formação do engenheiro deve contribuir para o desenvolvimento, dentre outras competências e habilidades, de identificar, formular e resolver problemas;

(ii) os objetivos da disciplina de Química, principalmente quando se refere que o conhecimento químico deve contribuir para “reconhecer os aspectos químicos relevantes

na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente” e “propor investigação de problemas relacionados à química, utilizando procedimentos experimentais”. O primeiro objetivo citado orienta para a reflexão sobre os potenciais efeitos negativos de substâncias químicas no meio ambiente (tal como a ação dos corantes presentes em efluentes de indústrias têxteis). O segundo objetivo, de forma complementar ao primeiro, orienta para o desenvolvimento de processos investigativos utilizando procedimentos experimentais (tal como a avaliação dos métodos de eletrofloculação e ozonólise para o tratamento de efluentes têxteis).

A figura 1 ilustra as etapas realizadas, pelos grupos de estudantes, durante o desenvolvimento dos projetos de tratamento de efluentes têxteis simulados por eletrofloculação/ozonização.

Figura 1 - Mapa mental representativo das etapas realizadas durante os projetos de tratamento de efluentes têxteis simulados por eletrofloculação/ozonização.



Fonte: Autoria própria (2023).

Para facilitar a discussão, os números indicados no mapa mental estão relacionados às etapas, assim como a ordem na qual foram realizadas durante o desenvolvimento dos projetos. Na etapa 1, comum aos quatro projetos, cada um dos grupos de estudantes prepararam dois efluentes simulados utilizando corantes têxteis adquiridos em supermercados. Nesta etapa, os estudantes desenvolveram conteúdos conceituais (soluções, solvente, soluto, concentração) e conteúdos procedimentais (manipulação de vidrarias, reagentes, acessórios e equipamentos) característicos do processo de preparação de soluções. A seguir são apresentados excertos que representam o processo de preparação dos efluentes simulados:

[...] iniciamos com a montagem dos equipamentos e produção das soluções que foram usadas durante os três meses decorridos do projeto [...]. (G1, p. 5)

A solução foi composta por cinco gramas de sal, cento e um miligramas de corante turquesa, e um litro de água destilada [...]. Despejando parte da água em um *becker* e misturando até todos os elementos estarem homogêneos, retornamos a solução para um balão volumétrico com capacidade de um litro e reservamos. **(G2, p. 2)**

[...] para simular o efluente a ser tratado. Foram utilizados corantes para tecido, sendo eles o vermelho com uma mistura de 300 mg de corante para 1 litro de água e também o corante marrom, com 100 mg de corante para 1 litro de água. Foram utilizadas quantidades maiores do corante vermelho, pois o ozônio age de maneira muito rápida na remoção da cor, dessa forma tornando a mistura mais concentrada torna-se possível observar melhor este efeito de oxidação ocorrendo. **(G4, p. 4)**

Na segunda etapa, os grupos realizaram testes para determinar as condições reacionais ideais para os tratamentos dos diferentes efluentes têxteis simulados. Nesta etapa, os estudantes que trabalharam o método de eletrofloculação desenvolveram conteúdos conceituais (reações de oxirredução, eletrofloculação, eletrocoagulação, eletroflotação, eletrólise e eletrodo) e conteúdos procedimentais (manipulação de vidrarias, acessórios, equipamentos, otimização de condição reacional) característicos dos processos de tratamento de efluentes processos oxidativos. Nos dois excertos a seguir, os grupos G1 e G2 descrevem o processo de eletrofloculação:

[...] o processo de eletrofloculação ocorre a partir da oxidação de um ânodo, que é desgastado com o decorrer da reação química. Este desgaste libera íons em solução aquosa, que em contato com o outro eletrodo, chamado cátodo, forma um precipitado metálico. Além disso, no anodo são formadas bolhas de hidrogênio e no cátodo, de oxigênio, que são fundamentais para formar flóculos da impureza que se deseja remover da água. Neste experimento, durante um tempo foi utilizado um eletrodo de alumínio e outro de ferro, entretanto, o eletrodo de alumínio não foi eficaz, trocando por outro de ferro. Os eletrodos eram em forma de chapas. **(G1, p. 3)**

O processo constitui-se na passagem de corrente elétrica através de uma célula eletrolítica, originando dois processos distintos: eletrocoagulação e eletroflotação. O processo de coagulação obtém-se com a passagem de eletricidade pela água, desestabilizando a solução e coagulando os contaminantes, já com a eletroflotação ocorre o surgimento de gases hidrogênio e oxigênio pela eletrólise da água. **(G2, p. 1)**

Podemos observar que os estudantes descreveram os aspectos visuais observados durante o processo - tais como desgaste do eletrodo (ânodo) e formação de precipitado, flóculos e de diferentes gases -, buscando explicá-los com base em aspectos conceituais da disciplina. Ainda nesta etapa, os estudantes descrevem a manipulação da fonte geradora de energia e a necessidade de regular os parâmetros amperagem e diferença de potencial:

A fonte que está servindo como geradora de energia [...] deve-se manter em constante equilíbrio em questões relacionadas a suas medidas, sendo elas a amperagem e a diferença de potencial, podendo ser reguladas com os botões giratórios presentes em seu painel, tendo como maior precisão um visor digital, possibilitando um manuseio com melhor eficiência. **(G1, p. 3)**

Utilizando quinze Volts e seis Ampère, acoplamos os “jacarés” nas placas de ferro que sofrerão oxirredução e preparamos a solução sem deixar que os metais entrassem em contato uns com os outros, podendo corromper o nosso experimento, após dez minutos, percebe-se que o ferro começa a soltar resíduos na água. **(G2, p. 2)**

Em relação ao processo de ozonólise, os grupos G3 e G4 apresentaram diferentes olhares, tais como características de funcionamento do ozonizador, identificação do ozônio produzido e duração do processo de ozonólise:

Foi utilizado um gerador de ozônio por efeito corona [...] capaz de produzir em média 1 g/h do gás. Sua eficiência representaria a eficiência do ozônio como agente purificador dentro do quadro geral. **(G3, p. 4)**

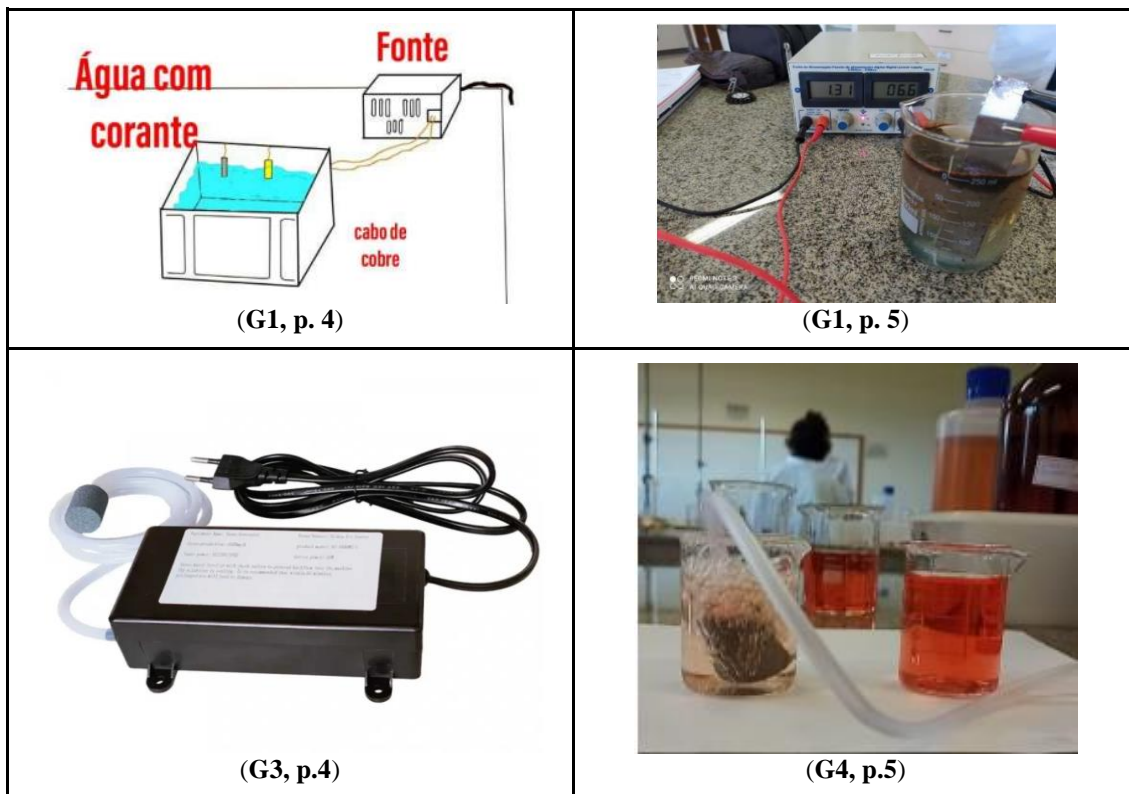
Depois de expôr 80 mL de água com corante ao fluxo constante de ozônio por 20 min, obteve-se resultados a olho humano [...] suficientes para experimentar expor há menos tempo. Ao final, resultados análogos foram atingidos com apenas 5 min de exposição direta. [...] A constatação da obtenção do ozônio se deu pelo seu cheiro característico e seus resultados nos testes propostos. Além da própria garantia visual de sua eficácia. **(G3, p. 6)**

Como forma de comprovar a produção do gás ozônio, realizou-se o teste utilizando uma solução de amido e iodeto de potássio, pois ao ser oxidado pelo ozônio o iodeto se transforma em iodo que quando reage com o amido atinge uma coloração roxa, dessa forma dessa forma garantindo a produção do ozônio. **(G4, p. 4)**

Foram determinados tempos distintos para o tratamento de ambos os corantes, onde o corante vermelho ficou cerca de 20 minutos a mais sob o efeito do ozonizador em relação ao corante marrom, devido a concentração do corante vermelho ser maior. **(G4, p. 5)**

Na figura 2 são apresentados alguns registros visuais utilizados pelas equipes para descrever os processos de eletrofloculação e ozonização.

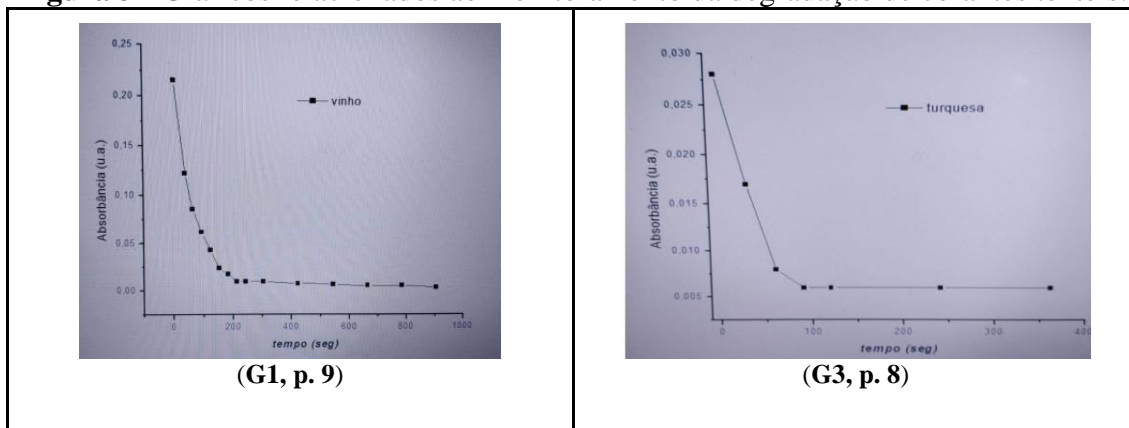
Figura 2 - Registros visuais relacionados aos processos de eletrofloculação e ozonização.

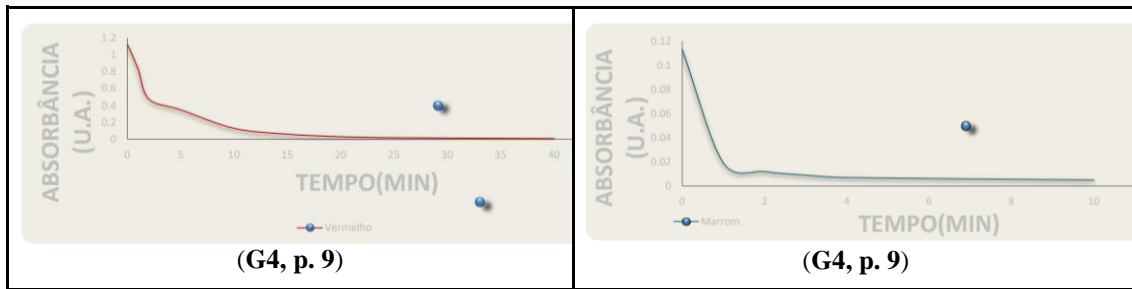


Fonte: Artigos produzidos pelos estudantes (2022).

Na terceira etapa do projeto, os quatro grupos de estudantes realizaram estudos cinéticos para estimar o término dos processos de eletrofloculação e ozonólise. Para isso, os estudantes monitoraram, com o auxílio de um espectrofotômetro UV-Vis, a diminuição da concentração do corante no efluente simulado. O término da reação foi considerado o momento no qual não se observou mais a diminuição da absorbância do corante presente no efluente em tratamento. Quatro exemplos de gráficos construídos pelos grupos de estudantes são apresentados na figura 3.

Figura 3 - Gráficos relacionados ao monitoramento da degradação de corantes têxteis.





Fonte: Artigos produzidos pelos estudantes (2022).

Nesta etapa, os estudantes desenvolveram conteúdos conceituais (concentração, interação da radiação eletromagnética com a matéria, relação entre concentração e absorvância) e conteúdos procedimentais (operação de espectrofotômetro, confecção de gráficos utilizando Excel ou Origin) característicos do monitoramento de reações químicas por espectrofotometria UV-Vis. Em ambos os casos, a diminuição da absorvância característica do corante foi devidamente relacionada à reação química que ocorre no processo de eletrofloculação ou ozonólise, tal como indicado no excerto abaixo:

[...] é possível verificar a velocidade com a qual ocorre o processo de ozonização, esta verificação pode ser realizada utilizando os gráficos gerados a partir dos dados coletados durante o estudo cinético [...]. A partir destes dois gráficos gerados, é possível observar que a ozonização ocorre de maneira bastante rápida e eficiente, com relação a oxidação dos efluentes utilizados, pois os níveis de absorvância diminuem drasticamente em um curto intervalo de tempo. (G4, p. 9)

A quarta etapa, processo de filtração, foi necessário apenas para os projetos que utilizaram a eletrofloculação como método de tratamento do efluente têxtil (G1 e G2). Nesta etapa, os estudantes desenvolveram conteúdos conceituais (métodos de separação de misturas, mistura heterogênea) e procedimentais (separação de misturas heterogêneas empregando filtração simples) relacionados ao método de separação filtração simples, empregado para separação de misturas heterogêneas do tipo líquido-sólido. O excerto abaixo é representativo dessa etapa:

Após cerca de cinco minutos, a água começa a ter uma aparência mais límpida e potável [...]. Os resíduos que antes estavam no fundo do becker foram elevados para a parte de cima do nosso recipiente, formando uma camada de impurezas pelo corante e pelo ferro. Para análise do material e a separação das impurezas foi utilizado um filtro de papel e um funil [...]. (G2, p. 3)

A quinta etapa envolveu a avaliação da qualidade da água por aspectos sensoriais e características físico-químicas. Entre as propriedades organolépticas passíveis de serem

avaliadas, foi consensuado que apenas o aspecto visual e o odor seriam levados em consideração. Apesar dessas características, juntamente com o sabor, serem utilizadas, no senso comum, para se referir a uma “água pura”, os estudantes entenderam a fragilidade de usar apenas essas características para avaliar a qualidade da água tratada. Desta forma, utilizando buscou-se avaliar algumas das características físico-químicas da água tratada. Alguns dos excertos relacionados a essa etapa são apresentados a seguir:

[...] foram medidas quatro propriedades materiais nas amostras, sendo elas: Condutividade elétrica, pH, quantidade de oxigênio dissolvido e turbidez. (G1, p. 7)

Após cerca de cinco minutos, a água começa a ter uma aparência mais límpida e potável [...]. Além da própria garantia visual de sua eficácia. Variáveis físicas e químicas das amostras foram avaliadas antes e após o procedimento, junto com o grupo controle [...]. (G3, p. 6-7)

[...] como forma de analisar a qualidade da água resultante do processo de tratamento, foram realizadas medições de alguns dos principais parâmetros físicos e químicos, sendo eles o pH, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Estes são parâmetros que apresentam taxas padrão para a água considerada própria para uso, dessa forma podendo ser utilizados como uma forma de observar o quão “limpa” a água tratada está, comparando os dados obtidos com as taxas padrão determinadas. (G4, p. 6)

[...] foram medidas quatro propriedades materiais nas amostras, sendo elas: Condutividade elétrica, pH, quantidade de oxigênio dissolvido e turbidez. Tais medidas foram feitas em amostras de solução dos corantes [...] que foram filtrados, em água destilada (como controle) e em amostras de soluções dos corantes [...] que não foram submetidos ao processo de eletrofloculação. (G1, p. 7)

Tendo em vista que por mais que a água possua uma aparência potável e isenta de odor e sabor, a mesma pode conter metais pesados em sua composição, podendo trazer sérios riscos à saúde. Por isso, recomenda-se altamente que o consumo humano seja feito somente em locais onde o tratamento é feito de forma correta e fornecida por um órgão competente, evitando a proliferação de doenças e preservando a saúde da fauna e da flora [...]. (G2, p. 10)

[...] o método utilizado se mostrou eficiente no aspecto de deixar a água límpida, por se tratar de um agente oxidante muito forte, através dele foi possível atingir um nível de transparência dos efluentes tratados que se aproxima da água. Em contrapartida os outros parâmetros considerados na análise, como pH, condutividade, oxigênio dissolvido e toxicidade apresentaram resultados diferentes do esperado, dessa forma colocando em dúvida o quão eficiente o método pode ser. (G4, p. 10)

[...] como forma de analisar a qualidade da água resultante do processo de tratamento, foram realizadas medições de alguns dos principais parâmetros físicos e químicos, sendo eles o pH, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Estes são parâmetros que apresentam taxas padrão para a água considerada própria para uso, dessa forma podendo ser utilizados como uma forma de observar o quão “limpa” a água tratada está, comparando os dados obtidos com as taxas padrão determinadas (G4, p. 6).

Por meio da análise dos excertos, podemos observar que as quatro equipes chegaram a conclusões diferentes sobre a qualidade da água tratada. Tal fato era esperado, uma vez que haviam dois métodos de tratamento de efluentes em estudo e mesmo os grupos que se dedicaram a um mesmo método utilizaram corantes têxteis diferentes. Esses resultados geraram discussões intragrupo e intergrupo, contribuindo para comparações e discussões sobre as vantagens e limitações dos métodos estudados.

Na sexta etapa as equipes avaliaram, por meio de bioensaios, a presença de substâncias tóxicas na água tratada. As equipes utilizaram como organismo-teste diferentes sementes de hortaliças disponíveis em supermercado local. Os testes realizados foram baseados no efeito, que substâncias potencialmente tóxicas presentes na água, podem ter sobre a germinação das sementes, assim como no desenvolvimento da raiz e radícula das plântulas (PALÁCIO et al., 2012; LIEBL; SCHOEN, 2022).

O teste relacionado à toxicidade em plantas [...] tendo como objetivo principal, analisar a condição em que a água se encontrava, antes, e depois do experimento, fazendo com que usássemos como parte da análise, sementes de Couve-Brocoli e Cebola Baia [...]. (G1, p. 11)

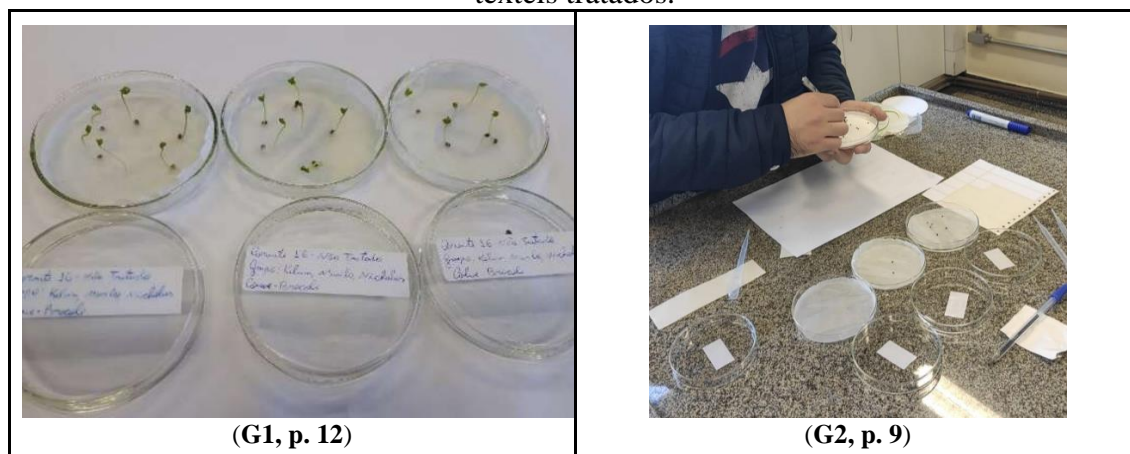
[...] para garantirmos que a água estaria em condições de uso, aplicamos diretamente em sementes de cebolinha com uma média de três mL de água [...], considerando também o modo de tratamento e as etapas percorridas por cada solução. Para termos resultados com a germinação das sementes, uma folha de filtro de papel foi colocada na base e em seguida, seis sementes foram dispostas de forma aleatória [...]. Após uma semana, [...] com o auxílio de uma régua comum, fizemos as medidas de raízes e de caule que cada semente obteve durante o período citado [...]. (G2, p. 4)

A germinação é o processo de crescimento de uma planta a partir da semente, que se encontra em estado de latência até que encontre condições ambientais adequadas para germinar. Dentre os principais fatores que afetam a germinação, podemos citar a temperatura, a disponibilidade de água, oxigênio e luz. Para uma pequena demonstração utilizamos sementes de Alface e Couve [...]. Colocando em cada potinho 6 sementes e 3 mL de água da torneira, corante e o corante com tratamento. Obtivemos resultados interessantes sobre a germinação, raiz e caule da plântula. (G3, p. 9-10)

[...] poder determinar a eficácia do método a partir dos resultados obtidos, o primeiro destes testes foi o de cultivo de sementes na placa de petri, as sementes escolhidas foram as de agrião e almeirão. No primeiro teste foram utilizadas cinco sementes de agrião em cada placa, para cada corante replicou-se o processo utilizando três amostras distintas de 1 mL de água, sendo água da torneira, água contaminada (efluente) e com a água tratada, produto do processo de ozonização. [...] Este teste tem como objetivo determinar o quão tóxico é a substância estudada, a partir da análise do desenvolvimento das sementes. (G4, p. 5-6)

Na figura 4 são apresentados registros fotográficos relacionados a avaliação da toxicidade dos efluentes têxteis tratados.

Figura 4 - Registros fotográficos relacionados a avaliação da toxicidade dos efluentes têxteis tratados.



Fonte: Artigos produzidos pelos estudantes (2022).

No final do semestre, as equipes socializaram as pesquisas desenvolvidas com demais integrantes da turma. Tal ação permitiu a comparação dos resultados obtidos entre os grupos que trabalharam com o mesmo método e dos resultados obtidos ao se trabalhar com métodos diferentes. Entre as conclusões dessas comparações, destacamos a existência de diferentes formas para a resolução de um mesmo problema; a importância de se estudar diferentes métodos buscando compreender suas características, vantagens, limitações e eventuais adaptações para contextos diferentes; a importância do estabelecimento de metodologias experimentais, planejamento das atividades que precisam ser realizadas, estabelecimento de comparações, formas de registro e análise de dados, organização do tempo e do local de trabalho. A importância do trabalho coletivo foi destacado nas falas dos estudantes e também apareceu, em dois momentos, no artigo da equipe G1:

[...] é de suma importância o trabalho e colaboração da equipe em qualquer requisito durante o processo do experimento realizado, fazendo com que o processo se desenvolva o máximo possível. (G1, p. 3)

O início do experimento foi marcado por uma difícil comunicação entre os membros do grupo, que afetou diretamente a produtividade no experimento, problemas esses que foram resolvidos durante o decorrer do projeto, fazendo com que a qualidade do projeto melhorasse significativamente ao decorrer das semanas, melhorias essas que foram visíveis diretamente por todos os membros do grupo. (G1, p. 17)

Vale lembrar que os projetos foram realizados em um período de retorno às aulas presenciais, no qual havia muita insegurança quanto aos riscos de contaminação pelo

coronavírus e orientação, por parte da instituição, dos estudantes se ausentarem das aulas quando da suspeita ou estarem positivados para COVID-19.

Vale ressaltar que o trabalho em equipe e a divulgação das próprias produções, seja na forma escrita ou oral, contribuem para o desenvolvimento de conteúdos atitudinais, uma vez que “se constituem em espaços de diálogo que exigem dos alunos a interiorização de novas formas de comportamento valorizando o desenvolvimento de atitudes e valores” (ROSA; FAGUNDES, 2014, p. 1199). Além disso, como pontuam as referidas autoras, “os conteúdos atitudinais permeiam o processo já que os valores e as atitudes se tornam necessários para o bom andamento do trabalho em equipe. Os progressos na interação e cooperação ficam evidentes nas rodadas e nas mostras dos trabalhos produzidos” (ROSA; FAGUNDES, 2014, p. 1199).

Observamos, durante ao longo do semestre, troca de informações entre os grupos, que buscavam comparar as metodologias empregadas, assim como os resultados obtidos. A título de exemplificação, o excerto abaixo, narra um problema vivenciado pela equipe G1, que foi resolvido a partir da interação com outros grupos:

Nas primeiras semanas foi-se notado [...] um processo de eletrofloculação tardio e falho, [...] fazendo nos questionar sobre os materiais utilizados, e a numeração da solução, sendo esse **o nosso primeiro problema para se resolver, depois de uma leve discussão entre os membros dos demais grupos, que foi descoberto a origem do problema**, sendo ela a utilização de materiais metálicos de origens diferentes. (G1, p. 5, grifos nossos)

Ao final da socialização foi solicitado que os estudantes respondessem, de forma individual e voluntária, a um questionário com o intuito de contribuir para a avaliação da abordagem utilizada na disciplina. Dos 12 participantes, 9 estudantes responderam ao questionário. No quadro 2 está sintetizado as afirmativas indicadas (escala do tipo Likert) aos estudantes e os escores obtidos.

Quadro 2 - Escores obtidos para as afirmativas relacionadas com o desenvolvimento de projetos na disciplina de Química Experimental.

Afirmações	Escore
O desenvolvimento de projeto experimental contribuiu para a aprendizagem de conteúdos de Química Geral Experimental.	4,7
O desenvolvimento de projetos é um substituto eficiente às aulas tradicionais com roteiros previamente fornecidos aos estudantes.	4,4
Outra(s) disciplina(s) do curso utilizou(aram) projetos em substituição à roteiros pré-definidos.	3,8
Desenvolver um projeto demanda mais dedicação do que uma abordagem clássica (seguir uma apostila com roteiros pré-definidos, por exemplo).	4,6
Adquiri conhecimentos práticos de Química durante o desenvolvimento do projeto.	4,8
Adquiri conhecimentos teóricos de Química durante o desenvolvimento do projeto.	4,6

O desenvolvimento do projeto conseguiu relacionar o conhecimento químico a uma eventual área de atuação da Engenharia Eletrônica.	4,3
O projeto contribuiu para entender como o conhecimento químico pode ser utilizado para solucionar um problema real.	4,6
Prefiro aulas práticas clássicas do que aulas baseadas em desenvolvimento de projeto.	3,2
É impossível desenvolver um projeto de Química sem antes ter aprendido técnicas de Química Experimental.	3,4

Fonte: Autoria própria (2023).

Podemos observar, com base nas afirmativas apresentadas e nos escores obtidos, que os estudantes percebem que o desenvolvimento dos projetos contribuiu para a aprendizagem de conteúdos de Química Geral Experimental e que essa abordagem é uma substituta eficiente às aulas tradicionais com roteiros previamente fornecidos aos estudantes. Os altos escores obtidos para essas duas afirmações são decorrentes da vivência dos estudantes com variados conteúdos procedimentais ao longo do projeto, que foram estudados e empregados de acordo com a necessidade nos projetos. Tal fato resultou, segundo os estudantes, na aquisição tanto de conhecimentos práticos quanto de teóricos de Química durante o desenvolvimento do projeto.

Chama nossa atenção o fato dos estudantes indicarem que outras disciplinas, de caráter prático, do curso de Engenharia Eletrônica utilizam roteiros pré-definidos. A explicação para essa constatação por parte dos estudantes pode ser entendida em outra afirmativa, na qual na percepção dos estudantes desenvolver um projeto demanda mais dedicação do que uma abordagem clássica, tal como ocorre nas disciplinas práticas que utilizam roteiros pré-definidos.

Segundo os estudantes, o projeto contribuiu para que os mesmos entendessem como o conhecimento químico pode ser utilizado para solucionar um problema real. Ao identificar a necessidade de tratamento de efluentes têxteis como um problema a ser resolvido, vários conhecimentos químicos poderiam ser colocados à apreciação, tais como métodos de adsorção. No entanto, devido a necessidade de alinhamento à ementa da disciplina (parte teórica), os estudantes buscaram por métodos eletroquímicos, sendo selecionados a eletrofloculação e a ozonólise.

Outro ponto de alta concordância foi o do desenvolvimento do projeto ter conseguido relacionar o conhecimento químico a uma eventual área de atuação da Engenharia Eletrônica. Essa concordância pode estar associada aos momentos de reflexão, ao longo do desenvolvimento do projeto, sobre a necessidade de transpor de uma escala de bancada para uma escala em grande escala.

Duas das afirmações apresentadas aos estudantes obtiveram escores próximos a 3, o que indica que não há um consenso entre concordância ou discordância. Essas incertezas são referentes se eles preferem aulas práticas clássicas do que aulas baseadas em desenvolvimento de projeto e se é possível desenvolver um projeto de Química sem antes ter aprendido técnicas de Química Experimental. No entanto, ao responderem se “Em uma disciplina de Química Experimental, se você tiver que optar entre uma abordagem didática clássica ou baseada em desenvolvimento de projetos, qual você escolheria? Justifique.”, a maioria dos estudantes elegeram a abordagem baseada em projetos, justificando que “[...] é muito mais interessante observar a reação” (E2), “[...] pois o ensino é mais interativo e cativante” (E3), “[...] a disciplina de química experimental seria de melhor forma aproveitada se for comparada a aulas teóricas [...]” (E4), “[...] pois acredito que possam proporcionar um maior desenvolvimento de capacidades do aluno” (E8), “[...] assim podendo aplicar o conteúdo teórico e desenvolver o projeto com problemas reais” (E9). Os argumentos contrários “didático [sic] pois aprende um tanto a mais do que desenvolver um projeto” (E6) e “através de desenvolvimento de um projeto não tenho uma certa garantia de ter visto todo o conhecimento que precisaria aprender. Mas, posso garantir que o visto foi aprendido” (E5).

Quando solicitados a indicarem aspectos positivos relacionados ao uso de projetos como abordagem didática, os estudantes responderam que “podem trazer mais interesse para o conteúdo” (E1), “maior engajamento e compreensão do conteúdo dado, o envolvimento e um projeto nos dá a curiosidade de pesquisar sobre o assunto” (E2), “não é necessária tanta abstração para aprender os conhecimentos teóricos” (E3), “ajuda principalmente a visualizarmos as reações na vida real e o desenvolvimento de trabalho em equipe” (E4), “trabalho em equipe” (E6), “pode se desenvolver curiosidade e até interesse maior dos alunos” (E7), “aprender a resolver problemas” (E9).

Informações são adquiridas de forma espontânea e voluntária, assimilei tudo o que tentei aprender mesmo meses depois. Certamente algum nível de experiência prática foi adquirida e querendo ou não, foi divertido. (E5)

Um aspecto muito positivo é a possibilidade de relacionar os conteúdos teóricos da disciplina com conceitos específicos da área de cada curso, dessa forma é possível adaptar a disciplina de modo que ela seja capaz de contribuir de maneira mais eficiente no aprendizado. Uma mesma disciplina pode ser trabalhada de diferentes formas em diferentes cursos, assim atendendo melhor a demanda de cada um. (E8)

Quando solicitados a indicarem aspectos negativos relacionados ao uso de projetos como abordagem didática, os estudantes responderam que “pode ser monótono e algo complicado se não supervisionado” (E1), “[...] a desistência dos demais alunos do grupo” (E2), “o principal aspecto negativo é que existe vários meios de se distrair durante o projeto” (E4), “eu não posso afirmar ter visto tudo o que precisaria aprender” (E5), “perder aulas pode ser um problema no desenvolver do projeto” (E7), “[...] pode ser a maior rejeição por parte de alguns alunos, por se tratar de um trabalho mais longo e que exige uma maior dedicação ao longo do andamento da disciplina” (E8) e “o tempo para realização do mesmo” (E9).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa experiência, no contexto de aulas de Química Experimental para um curso de Engenharia Eletrônica, na substituição de aulas experimentais tradicionais por projetos teórico-práticos, revela ganhos na formação dos estudantes, que se tornam agentes centrais no processo de ensino e aprendizagem e desenvolvem competências e habilidades desejadas para um profissional da área de Engenharia. Desta forma, consideramos que tanto os objetivos das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia quanto da disciplina de Química foram contemplados, sendo a pedagogia de projetos de suma importância para o atendimento desses objetivos. Para o desenvolvimento dos projetos, várias etapas, que envolveram diferentes técnicas e procedimentos experimentais, foram realizadas de forma coordenada e sequenciais pelas equipes de estudantes para resolver a situação-problema selecionada: tratamento de efluentes têxteis utilizando métodos de eletrofloculação/ozonólise.

Ao identificar nos ODS potenciais situações-problemas para o desenvolvimento de projetos teórico-práticos, os estudantes, principalmente aqueles com dificuldades em relacionar a presença e interferência da Química em situações do cotidiano, conseguiram ampliar a compreensão sobre a importância do conhecimento químico e, por consequência, da disciplina na formação do profissional da Engenharia. O trabalho em equipe permitiu o desenvolvimento da cooperação entre os estudantes e o planejamento e execução da pesquisa, que impactaram diretamente na organização do tempo, nas atividades realizadas, na forma de coleta, registro e análise dos dados obtidos durante a pesquisa, na forma de divulgar a pesquisa realizada (artigo e apresentação da pesquisa).

As principais dificuldades encontradas estão relacionadas à abordagem diferenciada apresentada aos estudantes, que, apesar de informar que preferem desenvolver projetos teórico-práticos do que aulas experimentais tradicionais com roteiros previamente definidos, não estão habituados a esse tipo de metodologia centrada no estudante. Além disso, na percepção dos estudantes, desenvolver um projeto demanda mais dedicação do que uma abordagem tradicional baseada em roteiros/protocolos previamente definidos pelo professor. A rotina de trabalho é influenciada pelas faltas de integrantes da equipe. Para minimizar esse problema, algumas equipes buscaram trabalhar com arquivos compartilhados, para permitir que todos tenham acesso aos dados coletados durante o desenvolvimento do projeto. Outra dificuldade vivenciada é relacionada ao atendimento por parte dos técnicos de laboratório, aulas experimentais baseadas em projetos demandam que os estudantes organizem o ambiente de trabalho no momento da aula (que envolve seleção de vidrarias, acessórios, reagentes, entre outros) o que diverge das aulas experimentais baseadas em roteiros/protocolos, que toda a organização para a aula é feita pelos técnicos de laboratório de forma prévia.

Ao final do processo, observamos que as posturas do professor, dos estudantes e dos técnicos de laboratório precisam ser modificadas quando se trabalha com projetos em disciplinas experimentais. As posturas desses agentes e suas relações, a nosso ver, precisam melhor estudadas, principalmente em disciplinas ofertadas no Ensino Superior. Além disso, questões de ordem didático-pedagógica relacionadas ao processo de trabalhar com projetos em disciplinas experimentais de cursos de graduação é um campo de investigação frutífero, considerando o número reduzido de trabalhos nesse nível de ensino.

REFERÊNCIAS

AL PROL, A. E. Study of environmental concerns of dyes and recent textile effluents treatment technology: a review. **Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research**, v. 3, n. 2, p. 1-18, 2019. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2019/v3i230032>

ALVES, A. T. A. et al. Revisão sistemática de literatura: estudo de caso sobre a remoção de cor de águas residuais têxteis. **Revista Geama**, v. 5, n. 3, p. 4-17, 2019.

AZANAW, A. et al. Textile effluent treatment methods and eco-friendly resolution of textile wastewater. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 6, 100230, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100230>

BORGES, P. B. P.; GOI, M. E. J. Impressões dos estudantes da Educação Básica sobre a articulação da metodologia de resolução de problemas e experimentação no Ensino de Química. **Revista Educar Mais**, v. 6, p. 990-1013, 2022.
<https://doi.org/10.15536/reducarmais.6.2022.2966>

BOZZATO, C. V. et al. Concepções de avaliação da aprendizagem no ensino de Ciências pela Pedagogia de Projetos: uma revisão sistemática de produções científicas do período de 2013 a 2017. **Revista Insignare Scientia**, v. 4, n. 4, p. 91-113, 2021.
<https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i4.11879>

CAPELLATO, P.; RIBEIRO, L. M. S.; SACHS, D. Metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem utilizando seminários como ferramentas educacionais no componente curricular Química Geral. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, e50861090, 2019. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i6.1090>

DALTRO, M. R.; FARIA, A. A. Relato de experiência: Uma narrativa científica na pós-modernidade. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**, v. 19, n. 1, p. 223-237, 2019.

FAGUNDES, L. C.; ROSA, M. B. Conteúdos, conceituais, procedimentais e atitudinais em tempos de web currículo. **Revista e-Curriculum**, v. 12, n. 2, p. 1189-1211, 2014.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Utilização da técnica de eletrofloculação para o tratamento de efluentes têxteis: uma revisão. **Revista Eixo**, v. 2, n. 2, p. 51-65, 2013. <https://doi.org/10.19123/eixo.v2i2.107>

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na Licenciatura em Química. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>

GRECCO, L. H. A.; SOUZA, B. C. A.; ZANONI, M. V. B. Eletrocoagulação/eletrofloculação para tratamento de águas residuárias: eletrodos não convencionais e acoplamento de técnicas. **Química Nova**, v. 45, p. 410-423, 2022.
<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170846>

GUEDES, J. D. et al. Pedagogia de Projetos: uma ferramenta para a aprendizagem. **ID on line. Revista de Psicologia**, v. 10, n. 33, p. 237-256, 2017.
<https://doi.org/10.14295/idonline.v10i33.650>

HERNÁNDEZ, F.; VENTURA, M. **A organização do currículo por projetos de trabalho**: o conhecimento é um caleidoscópio. Porto Alegre: Penso, 2017.

KILPATRICK, W. H. **Educação para uma civilização em mudança**. 11. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

LIEBL, D.; SCHOEN, C. Avaliação da toxicidade de lodos de estação de tratamento de água (ETA) e de estação de tratamento de esgoto (ETE) através de bioensaios com sementes de alface (*Lactuca sativa*) e cebola (*Allium cepa*). **Revista de Estudos Ambientais**, v. 23, n. 2, p. 64-74, 2022. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2021v23n2p64-74>

- MACEDO, F. E. F. et al. A utilização de metodologias ativas e seu impacto no ensino de Química nos cursos de Engenharia: um estudo de caso do campus da UFC em Crateús. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e54411224721, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.24721>
- MARTINS, D. D; TERÇARIOL, A. A. L. A busca da interdisciplinaridade nas disciplinas de projeto arquitetônico no curso de graduação em arquitetura e urbanismo. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 11, n. 3, p. 1352-1371, 2016. <https://doi.org/10.21723/riaee.v11.n3.7548>
- MARTINS, F. F.; MÜLLER-PALOMAR, M. T. Pedagogia de projetos: uma estratégia metodológica no processo de ensino aprendizagem. **Revista Eletrônica FACP**, n. 13, p. 26-44, 2018.
- MATIAS, A. P. A pedagogia de projetos e o desenvolvimento dos estudantes. **Revista Primeira Evolução**, v. 1, n. 32, p. 23-26, 2022.
- MENEZES, H. C.; FARIA, A. G. Utilizando o monitoramento ambiental para o ensino da Química: pedagogia de projeto. **Química Nova**, v. 26, p. 287-290, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000200025>
- MUSSI, R. F. F.; FLORES, F. F.; ALMEIDA, C. B. Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico. **Revista Práxis Educacional**, v. 17, n. 48, p. 60-77, 2021. <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v17i48.9010>
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- PALÁCIO, S. M. *et al.* Estudo da toxicidade de efluente têxtil tratado por foto-fenton artificial utilizando as espécies *Lactuca sativa* e *Artemia salina*. **Engevista**, v. 14, n. 2, p. 127-134, 2012. <https://doi.org/10.22409/engevista.v14i2.382>
- PAULA, H. M. R.; MOREIRA, E. C. A concepção de educação e escola de William Kilpatrick e Rudolf Steiner e suas contribuições para a educação contemporânea. **Revista Prática Docente**, v. 6, n. 1, e008, 2021. <https://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n1.e008.id960>
- PEIXOTO, F. P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **Holos**, v. 5, p. 98-106, 2013. <https://doi.org/10.15628/holos.2013.1239>
- PEREIRA, T. S.; PROBST, M. Pedagogia de projetos: um estudo sobre a construção do conhecimento e da autonomia dos estudantes. **Educere - Revista da Educação da UNIPAR**, v. 20, n. 1, p. 115-133, 2020. <https://doi.org/10.25110/educere.v20i1.2020.7611>
- PINHEIRO, R. S. G.; SOARES, M. H. F. B. Robótica educacional, ensino de Química e aprendizagem cooperativa: uma proposta para o curso de ensino superior em Engenharia Civil. **Química Nova**, v. 45, p. 1020-1030, 2022. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170906>

PRADO, E. A. *et al.* A química básica na engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 33., Campina Grande, 2005. **Anais [...]**. Campina Grande: ABENGE/UFCEG-UFPE, 2005.

RAIMONDI, A. C.; RAZZOTO, E. S. Aprendizagem baseada em problemas no ensino de Química Analítica Qualitativa. **Revista Insignare Scientia**, v. 3, n. 2, p. 36-48, 2020. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11159>

RITTER, C. E. T. Problemas reais de Engenharia em Química Básica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ENSINO DE ENGENHARIA, 39., Blumenau, 2011. **Anais [...]**. Blumenau: COBENGE, 2011.

SANTOS, D. M.; LEAL, N. M. A pedagogia de projetos e sua relevância como prática pedagógica e instrumento de avaliação inovadora no processo de ensino aprendizagem. **Revista Científica da FASETE**, p. 81-96, 2018.

SCARPARO, A. L. S.; MARQUES, T. B. I.; DEL PINO, J. C. Construção e validação de conteúdo de questionário para identificação de crenças sobre o ensino da temática alimentação saudável no ambiente escolar. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 2, p. 177-194, 2018. <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i2a2017.1557>

SILVA JÚNIOR, S. D. S.; COSTA, F. J. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, v. 15, p. 1-16, 2014.

SILVA, L. P.; TAVARES, H. M. Pedagogia de projetos: inovação no campo educacional. **Revista da Católica**, v. 2, n. 3, p. 236-245, 2010.

SILVA, P. B. *et al.* A pedagogia de projetos no ensino de Química - O caminho das águas na Região Metropolitana do Recife: dos mananciais ao reaproveitamento dos esgotos. **Química Nova na Escola**, v. 29, n. 1, p. 14-19, 2008.

SOARES, F. P.; SILVA, C. S. C.; LOPES, H. B. Aprendizagem baseada em projetos em um contexto de pandemia: um exemplo de aplicação. **Educação: Teoria e Prática**, v. 32, n. 65, e15, 2022. <https://doi.org/10.18675/1981-8106.v32.n.65.s15753>

SOUZA, J. C. S.; SANTOS, D. O.; SANTOS, J. B. Os projetos pedagógicos como recurso de ensino. **Revista Educação Pública**, v. 20, n. 40, 2020. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/40/os-projetos-pedagogicos-como-recurso-de-ensino>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SOUZA, T. M. A experimentação no ensino de Química na Educação Básica entre a teoria e a prática. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 12, n. 1, p. 39-51, 2022. <https://doi.org/10.31512/encitec.v12i1.525>

TARDIVO, M.; REZENDE, M. O. O.; QUEIROZ, S. L. Considerações sobre conteúdos didáticos e procedimentos de ensino para uma disciplina introdutória de Química ministrada em um curso de Engenharia Ambiental. **Revista Eletrônica do**

Mestrado em Educação Ambiental, v. 16, p. 59-70, 2006.

<https://doi.org/10.14295/remea.v16i0.2781>

TEIXEIRA, L. S. A experiência democrática de Anísio Teixeira: o projeto do Centro Educacional Carneiro Ribeiro. **Revista Sem Aspas**, v. 9, n. 2, p. 196-206, 2020.

<https://doi.org/10.29373/sas.v9i2.14653>

ZABALA, A. **A Prática Educativa**. Como ensinar. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

Submetido em: 06 de julho de 2023.

Aprovado em: 14 de agosto de 2023.

Publicado em: 01 de setembro de 2023.