



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NUCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUIMICA- LICENCIATURA

JOÃO VICTOR ALPES DE CARVALHO BANDEIRA ESPÍNDOLA

O CORANTE ÍNDIGO NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma abordagem CTSA no contexto do
polo de confecção do agreste pernambucano

CARUARU

2025

JOÃO VICTOR ALPES DE CARVALHO BANDEIRA ESPINDOLA

O CORANTE ÍNDIGO NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma abordagem CTSA no contexto do polo de confecção do agreste pernambucano

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Química Licenciatura do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Química Licenciatura.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gilmara Gonzaga Pedrosa

CARUARU

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Espindola, João Victor Alpes de Carvalho Bandeira.

O CORANTE ÍNDIGO NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma abordagem
CTSA no contexto do polo de confecção do agreste pernambucano / João Victor
Alpes de Carvalho Bandeira Espindola. - Caruaru, 2025.

74 : il., tab.

Orientador(a): Gilmara Gonzaga Pedrosa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2025.
9,5.

Inclui referências.

1. ensino de química;. 2. CTSA;. 3. oficina temática;. 4. corante índigo;. 5.
polo têxtil;. 6. sustentabilidade.. I. Pedrosa, Gilmara Gonzaga. (Orientação). II.
Título.

540 CDD (22.ed.)

JOÃO VICTOR ALPES DE CARVALHO BANDEIRA ESPINDOLA

**O CORANTE ÍNDIGO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA ABORDAGEM CTSA NO
CONTEXTO DO POLO DE CONFEÇÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Química Licenciatura do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia,
como requisito parcial para a obtenção do grau de
licenciado em Química Licenciatura.

Aprovado em 22/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Gilmara Gonzaga Pedrosa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Ana Paula Freitas da Silva (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão da minha jornada acadêmica. Logo, em especial, dedico à minha mãe, Irmã, cunhado e companheira, pelo amor, dedicação e cuidado; ao corpo docente da UFPE-CAA, em especial a minha orientadora e a banca avaliadora deste trabalho; aos amigos e aos colegas de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Existem jornadas que são compostas de pequenos e grandes passos, curtas e longas trilhas, difíceis e quase impossíveis obstáculos; a minha trajetória neste primeiro ciclo da minha vida acadêmica não foi diferente disso. E é por isso, que os meus agradecimentos fazem sentido aos que possibilitaram, ajudaram, fizeram parte e contribuíram a conclusão desse ciclo. Os meus agradecimentos, primeiramente dedico a Deus, o qual senti presente inúmeras vezes na minha vida e o qual muitas vezes se fez provar, quando muitas coisas pareciam não fazer sentido ou não serem justas. Agradeço a Deus também pelas pessoas boas que fazem parte da minha vida desde sempre, a de outras que entraram na minha vida para fazer parte dela. Agradeço a Deus pela minha mãe Geiza Alpes, por sempre me motivar, por sempre ser meu alicerce e fonte inesgotável de motivação e amor; agradeço a minha irmã Géssica e ao meu Cunhado Neydson pela motivação, apoio, carinho e zelo, tornaram muito mais confortável e viável essa trajetória; agradeço a minha companheira Bárbara Amorim, pelo amor, que tornou mais leve essa trajetória, pela dedicação, apoio, motivação e paciência. Agradeço aos meus amigos que contribuíram para dias mais leves durante essa jornada; Agradeço aos meus colegas de trabalho pela confiança e pela compreensão do meu estilo de vida frenético e por me darem oportunidade em trabalhar alegre, muitas vezes, o que possibilitou esse ciclo ser concluído (Rita de Cássia, Natália Almeida, Natália Cavalcanti e Ana Maria).

Sobre essa jornada acadêmica, ao corpo docente da UFPE-CAA, agradeço pela oportunidade e dedicação de tempo, em especial a minha Orientadora Prof Dr^a Gilmar Gonzaga Pedrosa, pela dedicação, inspiração acadêmica durante minha formação e pelas respostas longas, completas e sempre coerentes aos meus questionamentos; ao Prof^o Dr^o José Ayron dos Anjos, pela inspiração acadêmica e pelas boas conversas edificadoras; e a Profa. Dra. Ana Paula Freitas da Silva, pela formação e inspiração, me fez olhar para a química de uma forma não convencional. Em suma, agradeço aos professores na UFPE-CAA, em especial os citados, pela formação e inspiração.

Os aprendizados internalizados tenho com muito carinho e espero fazer jus ao retribuir à sociedade.

RESUMO

Esta pesquisa, de abordagem qualitativa, natureza descritiva, caráter exploratório e intervencionista, propõe e avalia uma proposta de uma oficina temática voltada ao ensino de Química, fundamentada na perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) para licenciandos do curso de Química da UFPE–CAA. O objetivo geral da pesquisa é analisar o potencial da oficina em promover uma aprendizagem crítica por meio do estudo do corante índigo. Especificamente, busca-se propor uma oficina destaque a relação entre os conceitos químicos e os processos produtivos utilizados no polo de confecção do Agreste Pernambucano, analisar os impactos socioambientais das práticas industriais insustentáveis e verificar como a abordagem CTSA pode integrar o conhecimento químico e tecnológico às questões sociais e ambientais. A oficina, com carga horária de 14 horas, segue os momentos pedagógicos: estudo da realidade, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Na primeira etapa, os estudantes analisam o contexto histórico, social, econômico e ambiental do polo têxtil, com atenção à poluição do rio Ipojuca. Na segunda, realizam experimentos de tingimento de jeans por diferentes métodos (tradicional, com frutose/glicose ou com eletrólise) e analisam os resíduos utilizando a espectroscopia de absorção no UV-visível, articulando fundamentos físico-químicos à reflexão ética e socioambiental. Na terceira etapa, desenvolvem e apresentam soluções sustentáveis para o beneficiamento de jeans e o tratamento de efluentes. A análise dos dados será conduzida a priori, fundamentada no referencial teórico, assegurando coerência entre objetivos, metodologia e resultados esperados. A oficina sobre o corante índigo e o polo têxtil de Caruaru, fundamentada na abordagem CTSA, possibilitou a articulação entre teoria e prática por meio de problematização, experimentação e intervenção crítica. O processo de validação evidenciou seu potencial formativo, ao despertar consciência socioambiental, promover aprendizagem contextualizada e estimular o protagonismo dos licenciandos. Espera-se que a proposta contribua para a formação crítica e científica dos licenciandos, ampliando a capacidade de articular conceitos químicos a contextos reais e estimulando práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Química.

Palavras-chave: ensino de química; CTSA; oficina temática; corante índigo; polo têxtil; sustentabilidade.

ABSTRACT

This research, with a qualitative approach, descriptive nature, and exploratory and interventionist character, proposes and evaluates a thematic workshop for Chemistry teaching, based on the STSE (Science, Technology, Society, and Environment) perspective, aimed at undergraduate Chemistry students at UFPE–CAA. The general objective of the research is to analyze the potential of the workshop in promoting critical learning through the study of indigo dye. Specifically, it seeks to propose a workshop that highlights the relationship between chemical concepts and the production processes used in the clothing industry of the Agreste Pernambucano, analyze the socio-environmental impacts of unsustainable industrial practices, and verify how the STSE approach can integrate chemical and technological knowledge with social and environmental issues. The workshop, with a total workload of 14 hours, follows the pedagogical moments: study of reality, organization of knowledge, and application of knowledge. In the first stage, students analyze the historical, social, economic, and environmental context of the textile hub, with special attention to the pollution of the Ipojuca River. In the second stage, they carry out denim dyeing experiments using different methods (traditional, with fructose/glucose, or with electrolysis) and analyze the residues through UV-Visible absorption spectroscopy, linking physicochemical principles with ethical and socio-environmental reflection. In the third stage, they develop and present sustainable solutions for denim processing and effluent treatment. Data analysis will be conducted a priori, based on the theoretical framework, ensuring coherence between objectives, methodology, and expected results. The workshop on indigo dye and the Caruaru textile hub, grounded in the STSE approach, enabled the articulation between theory and practice through problematization, experimentation, and critical intervention. The validation process highlighted its formative potential, as it raised socio-environmental awareness, promoted contextualized learning, and encouraged the protagonism of the undergraduates. It is expected that the proposal will contribute to the critical and scientific education of future teachers, enhancing their ability to connect chemical concepts to real contexts and fostering innovative pedagogical practices in Chemistry teaching.

Keywords: chemistry education; CTSA; thematic workshop; indigo dye; textile hub; sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	DESAFIOS HISTÓRICOS E SOCIOECONÔMICOS NA IMPLEMENTAÇÃO CTSA NO BRASIL.....	16
3.1.1	Diretrizes Curriculares Educacionais e a formação docente no contexto da interiorização educacional no Brasil ou no Agreste Pernambucano	17
3.1.2	A BNCC e a educação brasileira.....	19
3.2	ABORDAGEM CTSA: RELEXÕES E TRANSFORMAÇÕES SOBRE O SISTEMA EDUCACIONAL E A FORMAÇÃO DE CIDADÃOS.....	20
3.3	O ENSINO DE QUÍMICA E O CONTEXTO LOCAL DE CARUARU: A CIÊNCIA COMO ALTERNATIVA PARA A COMPREENSÃO DOS DESAFIOS E SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS À INDUSTRIALIZAÇÃO TÊXTIL.....	22
3.3.1	Processo de tingimento e industrialização do corante índigo no beneficiamento do jeans.....	26
3.4	O CORANTE ÍNDIGO E SUAS PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	29
3.4.1	Sustentabilidade na indústria do jeans.....	33
3.5	ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE QUÍMICA: CONEXÕES ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE.....	36
3.6	PROPOSTA DE OFICINA TEMÁTICA INTEGRANDO CTSA AO ENSINO DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO CRÍTICA DOS LICENCIANDOS.....	38
4.	METODOLOGIA.....	42
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	42

4.2	SUJEITOS E CAMPOS DE PESQUISA.....	43
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	43
4.4	UMA PROPOSTA DE OFICINA TEMÁTICA.....	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1	MOMENTO PEDAGÓGICO 1- CONTEXTUALIZAÇÃO CRÍTICA E PROBLEMÁTICA INICIAL: A INDÚSTRIA TÊXTIL DE CARUARU COMO CENÁRIO DE INTEGRAÇÃO CTSA.....	52
5.2	MOMENTO PEDAGÓGICO 2 -TINGIMENTO DO JEANS E ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA DO CORANTE ÍNDIGO: INTEGRAÇÃO DE ASPECTOS QUÍMICOS, SOCIAIS E EDUCACIONAIS.....	57
5.3	MOMENTO PEDAGÓGICO 3 -PTOTAGONISMO E INTERVENÇÃO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E INNTERVENÇÃO CRÍTICA NO CONTEXTO DO POLO TÊXTIL DO AGRESTE PERNAMBUCANO.....	61
6.	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) tem sido discutida como abordagem fundamental no ensino de Química, pois conecta os conteúdos científicos aos desafios locais e à formação cidadã (AULER; BAZZO, 2001). Contudo, a implementação dessa abordagem no Brasil enfrentou desafios, como a falta de formação adequada de professores, a desconexão entre a pesquisa acadêmica e a prática educacional, e os desafios culturais e sociais, que precisam ser superados para fomentar uma cultura de participação cidadã no projeto de desenvolvimento nacional (AULER; BAZZO, 2001). Esses problemas, persistem nas décadas seguintes, o que confere a eles a contemporaneidade. Segundo dados do (INEP, 2022) no que se refere à Química, em todo o país apenas 68,3% dos professores que lecionam a disciplina no Ensino Médio possuem a formação superior de licenciatura ou bacharelado com complementação pedagógica concluída. Além disso, o modelo de desenvolvimento insustentável pertinente na história do Brasil se reflete, em outra escala, em consequências negativas à educação, à sociedade, à ciência e à economia, nas regiões interioranas do Brasil, como é o caso de Caruaru.

Localizada no Agreste pernambucano, Caruaru, passou por um processo de industrialização, especialmente no setor têxtil com as lavanderias, que tem gerado impactos positivos e negativos para sociedade local. Como impacto positivo, temos por exemplo o setor econômico, ao gerar empregos e riqueza, enquanto o impacto negativo surge da poluição ao meio ambiente. Sobre a poluição do meio ambiente, o lançamento de efluentes sem tratamento ou parcialmente tratados, a poluição atmosférica entre outros, são exemplos do impacto negativo pela industrialização de lavanderias (DUARTE; SILVA, 2020). Por consequência disso, pode-se pontuar também efeitos danosos ao rio Ipojuca.

Esse rio que banha a cidade de Caruaru e faz parte do ecossistema da cidade, tem sofrido pelo despejo de efluentes, seja por esgotos domésticos ou por lavanderias têxtis que desagüam diretamente seus efluentes tratados ou parcialmente tratados no rio, como denuncia Leite (2004). Soma-se a isso, a poluição hídrica inerente a áreas urbanas e, principalmente, áreas de industrialização e a concentração demográfica (COSTA, 2018). Além disso, sobre o grande desafio poluidor e seus impactos à natureza da região, isso se refere ao intenso uso de água pelas lavanderias e a emissão de efluentes contaminados devido a presença de produtos ácidos e alcalinos, corantes, engomantes e entre outros produtos químicos utilizados no beneficiamento do jeans, como traz Silva Filho *et al.* (2021)

Nessa perspectiva, a química desempenha um papel fundamental na compreensão dos

impactos ambientais da indústria têxtil, uma vez que o processo de tingimento de tecidos envolve substâncias químicas, como é o caso do corante Indigo Blue. Este corante, na sua forma natural, é pouco solúvel em água. No entanto, quando ele é submetido a um processo de redução química, ocorre um aumento na solubilidade, o que torna possível sua utilização para o tingimento de tecidos, devido a sua bela cor azul. Apesar de ser tóxico ao meio aquático, a indústria têxtil persiste no uso do índigo o uso em decorrência de que a resistência a luz e ao calor, confere ao índigo características interessantes ao setor têxtil (RÊGO e FREITAS, 2013). Porém, estas características que o corante índigo possui, passa a ser um desafio ambiental, quando efluentes contaminados do corante são descartados sem nenhum tratamento. Métodos que já são utilizados como a fotólise por meio da luz ultravioleta e visível (UV/Vis), o foto-Fenton clássico e uma adaptação ao foto-Fenton, substituindo o peróxido de hidrogênio por percarbonato de sódio têm sido estudados como alternativas viáveis para minimizar esses impactos, permitindo a degradação dos poluentes presentes nos efluentes industriais, principalmente pelo foto-fenton clássico, como traz o estudo de Araujo *et al.* (2005). Além desses métodos, técnicas eletroquímicas também são utilizadas, como é o caso da eletrofloculação. Nessa técnica, por meio dos eletrodos metálicos, a corrente elétrica separa os íons a partir da eletrólise da água e da liberação do íon positivo liberado pelo ânodo (eletrodo de sacrifício), gerando hidróxidos que, ao atraírem as méculas do corante, resultam em flocos que serão decantados pelo aumento da massa agregada (PASCHOAL; TREMILIOSI-FILHO, 2005).

Diante desse cenário, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: como a integração da abordagem CTSA ao ensino de Química pode contribuir para compreensão da temática do Corante Indigo, pelos licenciandos do curso de Química da UFPE-CAA, considerando o contexto da região do Agreste Pernambucano como polo de confecções? Pensando nisso, é possível apoiar essa problemática a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), fazendo um paralelo com as diretrizes curriculares da educação básica. Dessa maneira, há a necessidade de ter como base a BNCC no processo de formação do licenciando, uma vez que serão profissionais que atenderão o ensino básico em sua atuação no mercado de trabalho, de maneira a enfatizar a importância de um ensino que possibilite a construção do conhecimento humanizado, através de conceitos para explicar, interpretar, ler e compreender a realidade material, promovendo a articulação entre teoria e prática (BRASIL, 2018). Assim, espera-se que o uso da temática de corantes têxteis no ensino de química possa contribuir para formar licenciandos mais críticos e conscientes do potencial da indústria têxtil no Agreste Pernambucano e dos desafios socioambientais de sua região (SANTOS; SCHNETSZLER, 1996), além de poder incentivar este tipo de metodologia no exercício futuro de

sua profissão.

Portanto, parte-se da hipótese de que a abordagem CTSA no ensino de Química, ao explorar a química dos corantes têxteis, como o corante índigo, contribuirá significativamente para o desenvolvimento do conhecimento científico e crítico dos licenciandos, permitindo uma melhor compreensão dos processos químicos envolvidos no beneficiamento têxtil e seus impactos econômicos, sociais e ambientais na região do Agreste Pernambucano, especialmente em Caruaru, como polo de confecções. Assim, este estudo busca demonstrar como a articulação entre o ensino de Química e a realidade socioambiental pode contribuir para a formação de docentes mais preparados para atuar de forma crítica e sustentável em suas comunidades.

O objetivo geral deste estudo é analisar como uma proposta que integra a abordagem CTSA ao ensino de Química, pode contribuir para o desenvolvimento do conhecimento científico e crítico dos licenciandos, com o foco na natureza química dos corantes têxteis. A pesquisa busca discutir os processos químicos do beneficiamento têxtil e seus impactos na sociedade de Caruaru, considerada polo de confecções. Além disso, para um melhor desenvolvimento propõe-se a criação de uma oficina temática que relacione o conhecimento da Química às questões socioambientais locais e a avaliação das contribuições dessa proposta para a formação docente dos licenciandos da UFPE no Agreste. Acredita-se que essa abordagem favorecerá o desenvolvimento de uma formação crítica e cidadã, e estimulará práticas didáticas voltadas para a sustentabilidade e o desenvolvimento regional, conforme defendem autores como Santos e Schnetzler (1996), Chassotet *al.* (1993) e Giordan (1999).

Neste trabalho, há a preocupação em propor uma alternativa por meio do ensino contextualizado da química para disciplinas experimentais do curso de Licenciatura em Química do Campus Agreste (CAA), de forma a somar às práticas de laboratório de cunho apenas técnico. Essa alternativa, tem como fundamento a importância em vincular o conhecimento técnico às problemáticas regionais que fazem parte da vida dos licenciandos.

Além disso, se faz valer como alternativa a atividades dedicadas apenas aos roteiros de experimentos elaborados previamente pela instituição de ensino superior, uma vez que distancia a prática formativa crítica e autônoma do licenciando em suas aulas experimentais no laboratório. Isso se organiza a partir das etapas que fundamentam esta oficina temática, como: etapa de problematização, organização e aplicação do conhecimento, culminando a uma aprendizagem que integre o conhecimento técnico e críticos ligado aos pilares CTSA. Sobre as etapas, se destacam, a problematização a partir da contextualização a um dos mais relevantes polos de confecção do Agreste Pernambucano, com fortes raízes culturais e econômicas na cidade de Caruaru. Por meio de uma

oficina temática, os alunos serão imersos nos conceitos químicos do corante índigo, essencial no processo de beneficiamento têxtil, para compreender a complexidade da indústria têxtil, seus impactos e os desafios para um desenvolvimento sustentável. Além disso, a organização do conhecimento, através de uma simulação e do estudo de caso do polo de confecção, será possível verificar experimentalmente a natureza do corante índigo, suas contribuições e os desafios que ele apresenta frente ao desenvolvimento sustentável necessário para a região, tudo mediado pela Química.

Por fim, a aplicação do conhecimento, momento organizado para favorecer o protagonismo do aluno e aplicação do conhecimento internalizado, através de propostas elaborados pelos próprios alunos. Dessa maneira, espera-se que a proposta resulte na aprendizagem e formação de conceitos científicos com capacidade em interpretar e criticar os moldes da realidade que são pertencentes direta ou indiretamente ao assunto desta oficina.

2 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma oficina temática, baseada na abordagem CTSA utilizando a química do corante índigo para promover uma aprendizagem crítica dos licenciandos do curso de Química da UFPE-CAA.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor uma oficina temática que relacione os conceitos de Química à compreensão dos processos produtivos utilizados no polo de confecção do Agreste Pernambucano, abordando os processos físico-químicos e a natureza do corante índigo utilizado na indústria têxtil.
- Analisar os impactos socioambientais das práticas insustentáveis no beneficiamento, tratamento e descarte de efluentes no setor têxtil, visando a conscientização sobre a importância de práticas mais sustentáveis.
- Analisar como a abordagem CTSA contribui para a formação dos licenciandos do curso de Química da UFPE-CAA, ao integrar o conhecimento químico e tecnológico às questões sociais e ambientais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A implementação da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no Brasil enfrenta desafios históricos e socioeconômicos decorrentes da herança colonial, resultando em um modelo educacional excludente e pragmático, sem um desenvolvimento científico voltado para as questões sociais, como apontam Carvalho e Martins (1998). A abordagem CTSA busca promover uma cultura de participação e cidadania, mas encontra dificuldades no contexto educacional, necessitando de mudanças nas práticas políticas e sociais para um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforçam o compromisso com uma educação que prepara os estudantes não só para o mercado de trabalho, mas também para a participação ativa na construção de uma sociedade mais justa e igualitária (UNESCO, 2019).

Nesse contexto, a interiorização da UFPE é um exemplo de esforço para o desenvolvimento sustentável da região, (UFPE, 2025), embora enfrente desafios internos, como a abordagem tecnicista e com roteiros prontos nas aulas de disciplinas de laboratório aos licenciandos em química, que distancia a formação inicial de professores da contextualização de problemas reais e regionais. Esse cenário nos inquietou a estudar práticas favorecedoras de um ensino que possibilite a reflexão acerca de fenômenos químicos de maneira mais crítica. Uma alternativa promissora a isso é a abordagem CTSA, aliada à metodologia da oficina temática, pode possibilitar uma contextualização, que integra a experimentação científica no aprendizado. E isto, está em consonância com o pensamento de Paulo Freire (1970), que valoriza a integração dos conhecimentos científicos à realidade dos alunos. Ao considerar possíveis temáticas passíveis de tema a abordagem temos no campo industrial, especificamente no processo de tingimento do jeans com o corante índigo, um gerador de efluentes poluentes, que quando não tratados corretamente, se somam a problemática local de Caruaru, que perpassa, inevitavelmente, pelo contexto cultural da cidade.

Assim, cria-se um holofote a esse cenário, tornando-o tema relevante para se trabalhar a formação contextualizada de professores no CAA, abordando a problemática local. Isso contribui para o ensino de Química e para o desenvolvimento sustentável da região, ao possibilitar a compreensão científica do sistema produtivo local e seus impactos sociais, financeiros e ambientais. Dessa maneira, formar o pensamento crítico e soluções mais ecológicas e sustentáveis a possíveis problemas decorrentes do processo industrial das lavanderias de jeans, através da compreensão da química que envolve o corante índigo, dos processos de beneficiamento e dos parâmetros da poluição dos rios. Nesse processo, a teoria de Vygotsky (1978) fundamenta a importância da participação da

sociedade na construção e apresentação de signos culturais que permite a construção ativa de novos significados, capacitando o indivíduo a transformar a sociedade através do processo cognitivo baseado na assimilação dos estímulos de signos culturais e da resignificação através/sobre esses estímulos e elementos externos, podendo ele contribuir à sociedade de maneira inédita ou não. Em conjunto a isso, no objetivo desse trabalho, há a dedicação em propor a abordagem CTSA a partir de elementos culturais, como é caso do polo têxtil da cidade de Caruaru.

3.1 DESAFIOS HISTÓRICOS E SOCIOECONÔMICOS NA IMPLEMENTAÇÃO CTSA NO BRASIL.

O Brasil enfrenta uma série de desafios socioambientais cujas raízes remontam ao seu passado colonial e imperial, persistindo até os dias atuais e impactando diversos aspectos da sociedade, como a educação, a ciência, a tecnologia e a gestão dos recursos naturais. Gana (1995), em suas reflexões sobre as peculiaridades do desenvolvimento e da realidade dessas áreas no Brasil, afirma que a situação social e econômica dos países latino-americanos não é “produto do azar”. Ao contrário, ela obedece a uma série de fatores internos, como os aspectos econômicos, históricos, culturais e políticos, e externos nas relações com o resto do mundo.

Ainda sobre essas peculiaridades, Carvalho e Martins (1998) destacam como as decisões políticas favorecem um modelo que beneficia apenas uma pequena, porém potente e rica parcela da população, a burguesia. Esses fatores históricos e políticos contribuíram para o desfavorecimento do desenvolvimento do país, desde o período colonial, persistindo no império, especialmente com o modelo agroexportador da economia brasileira. Esse modelo, aliado até 1888 ao regime escravocrata, não favorecia a investigação e o desenvolvimento tecnológico. As exceções que surgiam eram pautadas por uma visão pragmática e imediatista.

Em virtude desse contexto histórico, o sistema educacional brasileiro, marcado por exclusão e pragmatismo político, historicamente restringiu o avanço científico e a crítica social. Isso resultou em um modelo educacional que, em muitos casos, ainda carece de uma abordagem crítica e integradora das questões socioambientais. Como aponta Sachs (1996), é desafiador conciliar o progresso científico e tecnológico com o progresso social. O autor também sublinha a importância de incluir critérios éticos e sociais em um projeto nacional, garantindo que o avanço da ciência e da tecnologia esteja atrelado a questões que envolvam o bem-estar da sociedade como um todo.

Ainda sobre isso, o desafio do desenvolvimento sustentável, conforme abordado por

Sant'Anna (1978), traz à tona a essencial atuação do Estado como fator direcionador, embora muitas vezes ineficiente, frente ao comodismo lucrativo da burguesia, que não se confundem com os interesses sociais. A autora provoca ainda que os vícios no sistema político e econômico, bem como a prática semi-autoritária, prejudicam o desenvolvimento do país. Dessa maneira a reciprocidade e o equilíbrio entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) continuam sendo um desafio, evidenciado até os dias de hoje. Assim como refletem Auler e Bazzo, (2001) sobre as limitações e os desafios persistentes na adaptação do movimento CTSA ao contexto educacional brasileiro, destacando aspectos a serem considerados para fomentar uma cultura de participação da sociedade onde cabe a cidadania no projeto de desenvolvimento nacional.

3.1.1. Diretrizes Curriculares Educacionais e a formação docente no contexto da interiorização educacional no Brasil ou no Agreste Pernambucano.

As dificuldades na integração da abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) pode ser compreendida pelos fatores históricos que moldaram as decisões políticas, econômicas e sociais do Brasil, e pela perpetuação dos impactos negativos dessas decisões nas esferas do poder executivo e legislativo e em toda conjuntura do sistema de descentralização desse poder, como nos municípios e nos estados. A Lei de Diretrizes e Bases (LDB), estabelecida pela Lei Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, de maneira a proporcionar flexibilidade aos estados e municípios e a universalização da educação no Brasil, respeitando os parâmetros da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essas diretrizes refletem o compromisso com uma educação que não apenas prepara os estudantes para o mercado de trabalho, mas também os capacita a participar ativamente na construção de uma sociedade mais justa e igualitária (UNESCO, 2019).

No entanto, essa autonomia, além de tentar superar desafios da pluralidade regional desse país continental, cria algumas dificuldades da equidade na implementação dessas diretrizes. Dessa maneira, é urgente criar ferramentas que melhorem a cooperação entre os governos e promovam a descentralização administrativa, para fortalecer a gestão da educação e garantir que os objetivos da LDB sejam atingidos e superem os ditos desafios históricos da educação brasileira (CUNHA, 2013).

Apesar desses avanços nas políticas públicas, como o incentivo ao desenvolvimento sustentável por meio do projeto de interiorização das universidades (BRASIL, 2007), ainda são evidentes os desafios enfrentados pela educação no Brasil. A interiorização da UFPE, por exemplo, com seus campus em Caruaru e Vitória de Santo Antão, reflete esse esforço, mas também

revela dificuldades persistentes.

Dessa maneira é possível observar que o Centro Acadêmico do Agreste (CAA), inaugurado em março de 2006, foi o primeiro campus da UFPE no interior de Pernambuco e tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento social, econômico e cultural do Estado (UFPE,2025). Logo, fundado com a intenção de fomentar o desenvolvimento sustentável à região do agreste pernambucano, mais precisamente circundante da cidade de Caruaru, o campus do Agreste (CAA) tem uma fundamental importância na formação de profissionais para atender o mercado regional que é escasso de profissionais qualificados. Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2022) no que se refere à Química, em todo o país apenas 68,3% dos professores que lecionam a disciplina no Ensino Médio possuem a formação superior de licenciatura ou bacharelado com complementação pedagógica concluída. As demais porcentagens desse quadro, são atribuídas aos grupos: Bacharelado na disciplina correspondente, mas sem licenciatura ou complementação pedagógica; Licenciatura (ou bacharelado com complementação pedagógica) em disciplina diferente daquela que leciona; Formação superior não considerada nas categorias anteriores e, por fim, Sem formação superior, (BRASIL, 2022).

No entanto, o prestígio que a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) alcança com a interiorização educacional também acarreta responsabilidades, tanto internas quanto externas, no que diz respeito às práticas formativas, principalmente em cursos de licenciatura. De acordo com o PPC (2019), o egresso do curso de Licenciatura em Química deve possuir uma formação sólida e abrangente nos campos da Química e da Educação, com ênfase no desenvolvimento de habilidades pedagógicas. Soma-se a isso, o licenciado em química pela UFPE deve ser capaz de aplicar conhecimentos científicos de forma crítica e ética, além de atuar no ensino de Química com foco na interdisciplinaridade e contextualização. E assim, contribuir para a melhoria contínua do ensino, incluindo em contextos culturais diversos (PPC, 2019).

No entanto, algumas das práticas pedagógicas nos cursos de Licenciatura em química que ainda refletem os vícios históricos da educação no Brasil, particularmente na formação de docentes, como reflete Cunha (2013). Portanto, permanecer nessas práticas, distancia da vinculação e adequação da formação dos discentes da licenciatura em química ao currículo da educação básica, regida pela BNCC, uma vez que um dos campos de atuação desse futuro profissional é a sala de aula em escolas.

3.1.2 A BNCC e a educação brasileira

A implementação da democratização da educação no Brasil, se caracteriza por práticas educacionais pragmáticas e imediatistas, favoráveis a atender o mercado de trabalho e distante de uma construção de planejamento e de desenvolvimento de um projeto nacional, no qual a sociedade é enriquecida com o desenvolvimento intelectual, social, econômico e científico frente a uma competição equilibrada ao mercado internacional, que perduram até os dias atuais e influenciam a construção da BNCC e das esferas educacionais estaduais e municipais.

Além disso, é válido ressaltar que a BNCC, em sua atual vigência desde 14 de dezembro de 2018, tem como fundamental importância normatizar os parâmetros educacionais da educação básica e fomentá-los em escala nacional, assegurando as aprendizagens essenciais, de maneira atenta aos direitos de aprendizagem e de desenvolvimento, além das competências e habilidades, conforme o Plano Nacional de Educação (PNE):

Base Nacional Comum Curricular (BNCC) vigente desde 14 de dezembro de 2018 tem a seguinte definição: [...] documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (BRASIL, 2018).

Sobre essa perspectiva, a instituição de ensino superior está em paralelo às mudanças dos currículos nacionais, tanto na formação de profissionais, quanto no atendimento a educação básica, principalmente os cursos de licenciatura. Pois, se faz necessário as instituições se adequarem e formarem profissionais condizentes com as exigências do currículo nacional de educação. Assim como destaca Souza (2018) sobre a formação de professores e a BNCC.

Não como coincidência, e sim como articulação de princípios, esta tradição técnica também aparece como fundamento nas Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação Inicial Básica (DCN). Dispõem-se como princípio uma formação docente “construída em bases científicas e técnicas sólidas” (BRASIL, 2015, p. 4 apud Souza, 2018, p. 75).

Nesse sentido, adequar-se aos novos regimentos e diretrizes da BNCC não só se vale de sua natureza prática e imediata, pois nesse sentido exige-se uma urgência ao que é definido sobre a nova adequação, mas também de evoluir quanto às mudanças políticas, econômicas e históricas de um país. Resta saber, as políticas públicas no Brasil ainda dificultam o desenvolvimento de uma educação científica e engajada com o progresso nacional? O sistema educacional brasileiro continua a ser passivo e voltado às necessidades do mercado, em vez de promover uma educação democrática? Quais são os principais obstáculos para uma educação menos dependente de interesses externos e do

mercado?

Os questionamentos expostos remetem a outra vertente dessa realidade, a que em um estado democrático de direito, o questionamento não pode ser velado e nem calado. Logo, as críticas existentes são válidas e opostas a perpetuação de uma história onde a educação era para poucos e onde o país era governado para uma minoria mais acentuada, quando essa educação não era autoritária. Alguns apontamentos quanto a atualização desse currículo, os quais são pertinentes a formação de professores e, conseqüentemente, ao direcionamento da educação básica no Brasil estão expostos, por exemplo, por Freitas (2018) e Magalhães (2019). Nesses termos, a BNCC que se apresenta como solução para a educação brasileira é refletida por Freitas (2018), destacando que elas possuem um caráter tecnicista e pragmático, ao priorizarem a formação dos professores com foco em competências específicas.

Por outro lado, Magalhães (2019) aponta um retrocesso no modelo educacional, ao observar que a formação docente no Brasil continua a ser curta e técnica, voltada para atender às demandas imediatas do mercado capitalista. Esse enfoque acaba priorizando a aplicação prática do conhecimento em detrimento da reflexão e da contribuição do professor para a sociedade, comprometendo a qualidade da didática em sala de aula e perpetuando um ciclo vicioso no sistema educacional.

Diante do exposto, é notável o entendimento de que o histórico e o cenário atual brasileiro deixa a desejar na formação de professores afetando sua atuação em sala de aula. Por conseguinte, a educação holística dos estudantes, tendo como a formação rápida e atropelada de docentes para atender a uma demanda emergente antidemocrática e aliada aos interesses particulares excludentes à população brasileira. Ou seja, o desenvolvimento cognitivo de caráter formativo, a cidadania e o quarteto Ciência Tecnologia, Sociedade e Ambiente, (MAGALÃES, 2019).

3.2 ABORDAGEM CTSA: REFLEXÕES E TRANSFORMAÇÕES SOBRE O SISTEMA EDUCACIONAL E A FORMAÇÃO DE CIDADÃOS.

Dando continuidade ao impasse, identifica-se que, ainda, o ensino de química, assim como as demais ciências, está direcionado para uma formação técnica, ensino descontextualizado e com práticas pedagógicas voltadas para avaliações, em prol do imediatismo dos resultados, da classificação da vaga de emprego no mercado de trabalho. Essa afirmativa se mostra presente nos apontamentos de Luckesi (2011), ao cunhar o termo “pedagogia do Exame”, critica o sistema de ensino ser focado

nos percentuais de aprovação/reprovação do total dos estudantes e não pelos conteúdos serem prazerosos e significativos, mas ao estarem diretamente ligados ao resultado de uma prova classificatória. Tal “pedagogia do exame” apresenta o que Luckesi classifica como desdobramentos: os professores utilizam as provas para “provar” e não para auxiliar os estudantes em sua aprendizagem.

Ao que se refere ao sistema de ensino, Luckesi (2011) considera a instituição de ensino, os pais e a sociedade como participantes de um mecanismo que se autorregula em contentar-se com a normalidade dos quadros estatísticos e o direcionamento destes hábitos em termos das notas e manipulações. Dessa forma, o aluno não consegue desenvolver outras habilidades que não seja responder provas baseadas em conteúdos determinados em sala de aula, o que é inteirado por Luckesi (2011) ao dizer que “De fato, a nossa prática educativa se pauta por uma “pedagogia do exame”.

Sobre a reflexão da pedagogia do exame, as justificativas para que o novo ensino médio fosse padronizado dessa maneira teve por justificativa os fatores psicológicos e o baixo desempenho escolar, como citado por Brasil (2018).

[...] O modelo atual não tem respondido de forma satisfatória a esses desafios. A desconexão entre os anseios da juventude e o que a escola exige dela manifesta-se nos indicadores de frequência e desempenho da etapa: em 2016, 28% dos estudantes de Ensino Médio encontravam-se com mais de 2 anos de atraso escolar e 26% dos estudantes abandonaram a escola ainda no 1º ano; quanto ao IDEB, a variação positiva foi de apenas 0,3 ponto entre 2005 e 2011, ficando estagnado desde então e abaixo das metas estabelecidas (BRASIL, 2018, p.6).

Dessa forma, cabe retomar a reflexão sobre a ótica histórica desse país: o atraso no movimento CTSA, além das vicissitudes no sistema político que acometem a cultura de uma nação, desfavorecem a participação, o entendimento e a criticidade da sociedade frente a diversas questões no país, um atraso a nação. Esses problemas podem prejudicar o sistema educacional brasileiro e a formação de professores, não necessariamente nessa ordem, problematizando as esferas sociais, as científicas, as econômicas, as ambientais e tantas outras, assim como aborda Graças *et al.* (2019).

Portanto, a abordagem CTSA traz uma maneira de incentivar o conhecimento científico, de possibilitar não apenas o interesse do aluno pelo fato de ser mais próximo de sua realidade, mas também de possibilitar que o aluno reflita, tome consciência do mundo que o cerca, que suas ações sejam conscientes e modifiquem e evolua o ambiente e a sua realidade. Assim como traz Paulo Freire (1970) em a “Pedagogia do Oprimido” sobre a importância em observar as culturas do meio para o processo de ensino e aprendizagem de alunos, uma vez que favorece sua aproximação com o conteúdo e a prática do conhecimento aos hábitos e circunstâncias do cotidiano.

Como dito anteriormente, a partir das percepções de Paulo Freire (1970) os aspectos culturais locais são significativos na aprendizagem de um conteúdo, uma vez que são elementos próximos a realidade do aluno, que permitem o exercício prático e real aplicado ao cotidiano e aos hábitos. A abordagem CTSA se faz uma alternativa a englobar todas essas causas, uma vez que considera o social como direito e dever participativo na ciência, um viés importante para transformar e formar cidadãos conscientes e responsáveis pelo futuro da nação.

A controvérsia supracitada de uma prática alinhada a uma perspectiva CTSA possibilita a tomada de diferentes posicionamentos considerando as interrelações dos campos que compõe essa abordagem. E isso pode ocorrer por meio da mobilização dos saberes escolares na construção de falas que expressam esse posicionamento.

Esse último pensamento remete a uma válida contribuição do ser à sociedade no seu processo formativo e construtivo de conhecimento. Vygotsky (1978) em sua obra intitulada "A Formação Social da Mente", discute como a interação social e o contato a uma cultura e o uso dos signos, por exemplo a linguagem, contribuem para o desenvolvimento cognitivo da criança através do aprendizado mediado. Além disso, Vygotsky (1978) traz a importância mutualística do processo de aprendizagem e a assimilação de conhecimentos e signos de uma cultura, uma vez que essa aprendizagem proporciona um mutualismo entre a participação da sociedade na construção e apresentação dos signos através da cultura para o ser, o que possibilita a construção ativa de novos significados por esse indivíduo que, por sua vez, permite-lhe que contribua e transforme a sociedade.

3.3. O ENSINO DE QUÍMICA E O CONTEXTO LOCAL DE CARUARU: A CIÊNCIA COMO ALTERNATIVA PARA A COMPREENSÃO DOS DESAFIOS E SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS À INDUSTRIALIZAÇÃO TÊXTIL.

A industrialização em Caruaru, especialmente o polo têxtil, gerou impactos ambientais consideráveis, como a poluição do Rio Ipojuca, que é essencial para o abastecimento de água da região. Além disso, ao passar pela cidade de Caruaru, o rio sofre com o grande despejo de efluentes, causado principalmente pelo saneamento básico defasado, o despejo irregular de efluentes do setor têxtil e o descarte inadequado de lixo, Vieira (2015). Caruaru foi, de acordo com a Associação das Indústrias Têxteis Brasileiras (ABIT, 2011), o quarto maior produtor e consumidor de jeans do mundo e o segundo maior empregador da indústria de transformação no Brasil. Porém, esse processo de

industrialização trouxe desafios ambientais e sociais, como o crescimento populacional desordenado e a degradação do rio.

Fundada entre 1848 e 1857, a criação do município em 1848 e a da elevação à categoria de cidade em 1857, Caruaru, cidade localizada no agreste pernambucano, faz parte do conjunto de cidades banhadas pelo rio Ipojuca. Segundo APAC (2025), o Ipojuca corta diversas sedes municipais destacando-se: Bezerros, Caruaru, Escada, Chã Grande, Gravatá, Ipojuca, Primavera, São Caetano e Tacaimbó. Desde a sua fundação, ocorreram várias transformações socioambientais em decorrência de sua expansão. A expansão econômica e industrial de Caruaru, sucedeu após fatores econômicos e logísticos, como a extensão da ferrovia do litoral sul até Caruaru em 1985 e demais regiões do agreste. A expansão da malha ferroviária possibilitou, posteriormente, tornar cidades interioranas, como Caruaru, junto com a região do Agreste, um polo de desenvolvimento econômico brasileiro, desde o fornecimento de alimentos agrícolas, matérias-primas ao abastecimento das feiras nas cidades vizinhas e na Capital e mão de obra para as povoações litorâneas (MELO, 1980; SOBRINHO, 2005) e atualmente como polo de confecção têxtil importante.

Dessa forma, a construção da estrada de ferro que ligam as cidades Recife e Caruaru, foi de grande importância para os negócios, uma vez que os alimentos transportados em época de abundância das safras acabavam se estragando devido a ausências de meios de transportes de carga. Apesar do aumento da produção agroindustrial, a expansão da malha ferroviárias também contribuiu ao desmatamento, o uso irresponsável e sem controle dos recursos hídricos na região, sendo ainda mais agravado em tempos de seca, uma vez que o rio Ipojuca é um rio intermitente, tornando-se perene nas proximidades da cidade de Caruaru. (Arquivo Público de Pernambuco, p. 46).

Além disso a geografia pernambucana é acometida, predominantemente, pelo clima semiárido, o que, naturalmente, torna a região desfavorável ao abastecimento e distribuição de água, devido ao grande período de estiagens (APAC,2013). Desde o início da industrialização e avanço da densidade populacional, graças aos avanços econômicos e da malha ferroviária, a cidade de Caruaru é lesada pelo agravamento das secas e pela disponibilidade de recursos hídricos potáveis, uma vez que os avanços econômicos provocaram o desmatamento e a poluição do rio Ipojuca, rio de classe ii*que banha a cidade e onde se torna um rio perene, antes intermitente.

Doravante essas ações antrópicas, os problemas ambientais e sociais se acumularam e resultaram em eutrofização, causa derivada das atividades industriais, como as lavanderias de jeans, esgotos domésticos e atividades de poluição culturalmente enraizadas na sociedade, ao rio Ipojuca que banha a cidade de Caruaru e demais cidades circundantes. Além disso, um fator importante a

considerar no processo de desenvolvimento da cidade de Caruaru e que se confirmou nas demais cidades da região do Agreste. Essa constatação pode ser verificada através de Gondim (2008), quando aponta em sua dissertação a qualidade das águas e os impactos ambientais causados pelos efluentes gerados nas lavanderias de jeans da região.

A pesquisa identifica também, os principais poluentes presentes nesses efluentes, como corantes e produtos químicos, e discute os efeitos da contaminação na saúde pública e no meio ambiente. Soma-se a isso, uma maior concentração populacional desorganizada ao longo do vale do rio Ipojuca, mais precisamente, morando miseravelmente às margens do rio Ipojuca, como destaca o autor, “outras facetas do desenvolvimento industrial desorganizado devido a expansão ferroviária e a atrativa oportunidade em se fazer economicamente”(SILVA, 2013), as colocaram em situação de vulnerabilidade social, econômica e de saúde, ao morar nas margens do rio Ipojuca.

Dessa forma, o rio Ipojuca que é fonte de abastecimento da cidade, devido as atividades industriais, principalmente de lavanderias, que fazem o processo de tingimento e lavagem do jeans, tem sofrido há anos pelo processo de eutrofização. A eutrofização é quando há excesso de nutrientes, matéria orgânica proveniente de esgotos domésticos ou indústrias sem tratamento, o que provoca tingimento da água, diminuição de oxigênio dissolvido na água, morte de animais e plantas e proliferação de plantas indesejáveis e de bactérias anaeróbicas (THOMANN; MUELLER, 1987). Bactérias anaeróbicas fazem o rio cheirar mal e perder sua função biológica, uma vez que ultrapassa seu potencial de autodepuração. De acordo com Von Sperling (1996): “a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou seja, a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento de efluentes, é realizada por mecanismos essencialmente naturais”.

Além disso, uma das principais atividades econômicas da região é baseada na fabricação de jeans, assim como as cidades de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, o que traz um agravamento ao rio, devido aos efluentes não tratados ou não eficientemente tratados, dispersarem corantes residuais que mudam as características físico-químicas da água tornando-a imprópria ao consumo e à vida aquática. As cidades de Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Cupira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes fazem parte de um Arranjo Produtivo Local, que movimenta, segundo informações divulgadas pelo ADEPE (2025) cerca de 6 bilhões de reais por ano e produzem cerca de 200 milhões de peças por ano, equivalente a 18% da produção nacional de jeans. Por um lado, é uma atividade geradora de riquezas e empregos, mas por outro gera impactos ambientais negativos ao meio ambiente devido aos

processos utilizados. A falta de conhecimento da dimensão do problema representa uma ameaça à sustentabilidade e a competitividade da região de acordo com Silva Filho (2013) e Duarte e Silva (2020). Além do setor de fabricação têxtil, há o setor de beneficiamento, esse último corresponde as lavanderias.

No processo de beneficiamento há o tingimento para ganhar cor e a lavagem para ganhar o estilo necessário do jeans da moda, jeans desgastado ou envelhecido. Tanto o tingimento quanto a lavagem são processos dependentes de água, tendo a necessidade de utilizar uma grande quantidade de água, sendo esse recurso descartado durante o ciclo industrial e, muitas vezes, não tratado ou não tratado adequadamente. De acordo a pesquisa de Silva Filho *et al.* (2021), apesar de sua importância para economia da região, a atividade de beneficiamento de Jeans ainda é uma grande consumidora de água, o que a torna um problema para os desafios de um desenvolvimento sustentável, cabendo o investimento e o estudo de novas técnicas eficientes de produção do jeans na região.

Para fundamentar o exposto anteriormente, segundo ainda o levantamento da pesquisa de Silva Filho *et al.* (2021) e com base no IBGE (2010), em Caruaru o consumo de água pelas lavanderias de jeans resultou em 178 mil m³ de água e um consumo médio de 126,72 L de água.kg⁻¹ (Cento e vinte e seis litros de água a cada 1 quilograma de jeans) de jeans produzido. Esse número se equivaleu a cerca de 7% do consumo de água pela cidade inteira. Segundo o SEBRAE (2003), havia cerca de 220 lavanderias no agreste pernambucano, das quais 80 estavam lotadas em Caruaru. Do quantitativo existente de lavanderias em Caruaru, dados mais recentes, foi contabilizada 105 lavanderias, considerando o erro amostral de 5%. Dessas 76% das realizam o tingimento e causam potencial poluição. Além disso, verificou-se que a totalidade dessas lavanderias faz apenas o tratamento físico-químico, os quais os resultados deixam a desejar aos parâmetros definidos pela legislação ambiental, segundo o estudo Silva Filho *et al.* (2021).

Esse problema parece ter sido esquecido pelas autoridades locais e pela sociedade caruaruense, os quais parecem tender a um olhar acostumado sobre o rio poluído ou será um comodismo em comum por serem beneficiados economicamente da exploração do recurso irresponsavelmente? É um engano pensar que o lucro econômico é o bastante para justificar a negligência ambiental e nem justificar superávit vitalício. Assim como traz as observações de Silva Filho (2013) e Duarte e Silva (2020), a falta de conhecimento da dimensão do problema representa uma ameaça à sustentabilidade e a competitividade da região.

Nos efluentes provenientes do descarte das lavanderias, é um problema à qualidade da água decorrente do despejo de efluentes contaminados pela indústria têxtil diretamente no rio, além da alta

quantidade de recurso hídrico utilizado. Alguns dos contaminantes presentes nos efluentes industriais na fabricação têxtil são os corantes residuais da lavagem e coloração. Esses procedimentos demandam um tratamento apropriado dos efluentes antes de serem descartados. A coloração é responsável por fixar o corante no tecido, enquanto a lavagem visa eliminar o excesso de cor e suavizar o material, proporcionando mais conforto e o estilo da moda. (CAVALCANTI *et al.*, 2014).

Esses corantes presentes nos efluentes industriais afetam gravemente os seres vivos aquáticos, como algas e peixes, interrompendo seu ciclo natural. A coloração da água fica alterada, tornando-a mais opaca, o que dificulta o processo de fotossíntese das algas e, conseqüentemente, a oxigenação da água. Esse desequilíbrio prejudica a troca gasosa dos animais aquáticos, resultando na morte de peixes e na contaminação da população local devido à matéria orgânica acumulada, que supera a capacidade de autodepuração do rio. Além disso, a proliferação de bactérias anaeróbicas provoca a emissão de maus odores (ANLIKER, 1978, apud Guaratini; Zanoni, 1999).

3.3.1. Processo de tingimento e industrialização do corante Índigo no beneficiamento do jeans

O principal corante utilizado no processo de beneficiamento do jeans é o corante Indigo Blue, principalmente no tingimento de tecidos de algodão. Isso é trazido por Yussuf (2017), quando diz que a indigotina (nome dado ao índigo sintético) é, provavelmente, o grupo de corante mais importante e antigo usado pela humanidade. Além disso, sobre o gênero da planta, na qual é extraído o corante, a *Indigofera ssp* e, mais precisamente, as suas espécies *Indigofera tinctoria* e a *Isatis tinctoria*, são elucidados por Ul-Islam (2017), assim como explica sobre a composição e transformação química envolvida no processo de oxidação do índigo ao ar livre, quando diz que a substância presente nessa planta, precursora do índigo, é o indoxil, e, uma vez exposto ao ar é convertido em indigotina (índigo azul), o qual é insolúvel em água.

Uma das vertentes históricas do comércio desse corante, fala que a Índia, era o maior exportador do corante natural índigo, nome esse que remete a prática precursora por artesãos indianos e, posteriormente, foi dominada e disseminada para outras partes do mundo, como traz Sakthivel (2011). Esse corante na Índia, assim como no restante do mundo, era utilizado de forma natural até a invenção do índigo sintético. O Indigo era utilizado de maneira natural através da extração do pigmento e depois fermentação do mosto e, por conseguinte, a redução do corante, tornando-o solúvel em água e impregnado às fibras do algodão. Sobre a natureza e o procedimento de tingimento pelo índigo, Sakthivel (2011) afirma que após a imersão do tecido à solução contendo o corante índigo,

tingimento, a exposição ao ar, torna o índigo insolúvel novamente. De maneira diferente a maioria dos corantes, o índigo não se liga covalentemente ao algodão, afirma Sakthivel (2011) sobre a natureza e o procedimento de tingimento pelo índigo. Atualmente, a pigmentação ganhou uma escala global, o que causou a necessidade de processos práticos e rápidos.

Dessa forma, tornou-se permeável a necessidade de intensificar a indústria do beneficiamento têxtil, para atender a população. Além disso, a grande demanda de uma tendência que se mostrou sólida durante os anos seguintes, o jeans, alavancou ainda mais a necessidade da escala industrial do processo de tingimento e beneficiamento têxtil. A revista americana de moda *Feminina* (Harpers Bazaar Brasil, 2023) conta a história que alavancou a moda do jeans, como uma iniciativa do alfaiate Jacob Davis de Reno, em (1872) para reforçar as costuras das calças com rebites. Essa ideia fez sucesso e a patente das calças azuis com rebites de cobre foi concedida dia 20 de maio de 1873 do chamados *Waist-Overalls*. Posteriormente, a história da moda conta os inúmeros estilos e modelos derivados desse sucesso. Além disso o índigo possui característica importante que tornou o seu uso perfeito para o estilo e resistência a lavagens. Por possuir resistência a detergentes fortes usados na lavagem, mas também por se desprender com abrasão contínua, o que expõe a cor branca interna do fio, produzindo o desejado e conhecido desgaste que dá estilo e característica única a calça jeans. Essa combinação, se mostra ideal, uma vez que une a resistência aos detergentes e a suscetibilidade em desprender com a abrasão. Ou seja, torna o índigo o mais indicado e insubstituível na moda como um corante azul de denim, tecido usado para a confecção da calça jeans, (HSU *et al.*, 2018).

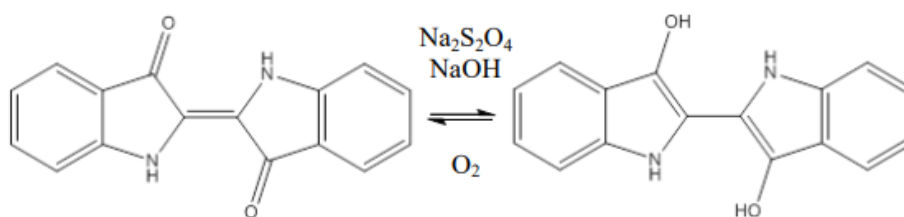
O processo de industrialização favoreceu a demanda, assim como foi beneficiado pelas características da natureza do corante índigo que lhe confere um visual e resistência a detergentes de maneira impar ao jeans. Sobre o visual, para chegar nas configurações despojadas ou clássicos manchados, requer inúmeras lavagens e processamentos da peça para adquirir tonalidades e estilos diferentes. De acordo com a apuração e o critério adotado na pesquisa das lavanderias em Caruaru de Silva Filho *et al.* (2021) são vários os processos que participam do beneficiamento do jeans: a desengomagem, o tingimento, a estonagem, o destroyer, a marmorização e suas variações, para obter o efeito desejado.

Para cada modelo desejado é necessário um processo diferente. Os que tratam somente das cores podem ser realizados após a tecelagem do tecido, enquanto que os processos que tratam do desgaste no tecido devem ser realizados nas peças já prontas. Os principais tratamentos são: estonagem, *delavé*, desgaste localizado e destroyer. Segundo Pezzolo (2009), elenca-se alguns processos de confecção do jeans, são eles, a estonagem, *Delavé*, Destroyer entre outros. A estonagem

é o processo de lavagem com pedras de argila, tornando a peça mais macia e mais clara. A Delavé é a lavagem com alvejantes químicos que além de amaciar a peça tem a capacidade de desbotar. Já o destroyer é realizado com a adição de enzimas químicas a roupa deixando-a levemente desgastada. Esse último processo pode ser acompanhado da estonagem para dar alguns aprofundamentos no desgaste da peça, de tal forma que exponha alguns fios do núcleo brando do tecido, (PEZZOLO, 2009).

O processo de tingimento: Hsu *et al.* (2018), relata que o processo de tingimento pelo corante Índigo, requer sucessivos mergulhos da roupa na solução contendo o índigo insolúvel e o hidróxido de sódio (NaOH), entre outras substâncias, que configura o meio alcalino reacional e o ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) agente redutor, que promove a redução do índigo em leucoíndigo, como representado na figura 1, tornando-o solúvel. A peça de roupa é exposta ao ar entre os intervalos dos mergulhos de tingimento. Esta exposição ao ar permite a oxidação tornando o leucoíndigo em sua forma insolúvel novamente (índigo), que é depositado nas fibras do tecido. Segundo Ticha *et al.* (2013), o processo de tingimento do índigo requer a repetição de 6 vezes o processo de mergulho e a secagem, por dois minutos, intercalados. Outra pesquisa por Saikhao *et al.* (2018), divulga resultados satisfatórios quanto ao tingimento, deixando o tecido submerso por trinta segundos e em contato com o ar durante dois minutos, repetindo uma ou duas vezes. Já Ferreira (1998), traz que o mergulhado tecido por quinze minutos na solução e deixando-o oxidar ao ar livre por trinta minutos, repetindo duas vezes esse procedimento, consegue efetuar o tingimento.

Figura 1- Redução química da espécie Índigo a forma Leucoíndigo



Fonte: (PASCHOAL, 2005).

Nas indústrias têxteis, as etapas de lavagem, alvejamento, tingimento e acabamento são as que mais geram efluentes com elevada carga poluidora e altos teores de compostos orgânicos, como amido, gomas, graxas, pectinas, álcoois, ácido acético, corantes, sabões e detergentes e compostos inorgânicos, como hidróxido de sódio, carbonatos, sulfetos e cloretos resultantes desses processos (SANTOS, 2006; HASSEMERET *et al.*, 2001). O índigo, quando tingido no algodão, não se une

quimicamente ao material ou à fibra, mas está ligado ao material por adesão física. No entanto, fatores físico-químicos são necessários para possibilitar condições que favorecem o tingimento pelo corante Índigo por esgotamento, como a temperatura de redução, a temperatura de esgotamento da tintura, a duração do tingimento e o pH do meio (TICHA *et al.*, 2013). Segundo Hossain *et al.* (2016), a conversão do corante índigo em sua forma solúvel, o leucoíndigo, requer a presença de agentes que reduzam fortemente o índigo, como por exemplo o sal dititionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), para permitir a absorção e difusão do corante nas fibras do tecido. Porém, os produtos gerados nesse processo são não renováveis, como por exemplo o sulfito e o sulfato, causando desafios no descarte dos efluentes provenientes do processo de tingimento e lavagem dos tecidos (HOSSAIN *et al.*, 2016).

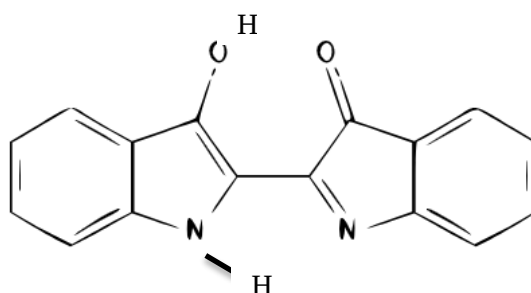
3.4 O CORANTE ÍNDIGO E SUAS PROPRIEDADES QUÍMICAS

O corante índigo, é uma molécula orgânica, com fórmula molecular $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$, a representação de sua estrutural estrutura química pode ser vista na figura 2. O Índigo foi sintetizado, primeiramente, em 1883 por Adolf von Bayer, e em 1900 foi largamente produzido, pela necessidade em atender a grande demanda do tingimento de jeans, o que lhe conferiu, praticamente, o título de substituto, no uso do corante naturalmente extraído da planta (STEINGRUBER, 2000). Para além disso, devido suas propriedades físico-químicas esse corante, tem mostrado sua versatilidade, como por exemplo o uso em semicondutores (IRIMIA-VLADU *et al.*, 2012). As propriedades desse corante também lhe conferiu a possibilidade de ser usado como ânodo de bateria de lítio (YAO *et al.*, 2010), além de ser usado como fotossensibilizante para células solares, segundo Cervantes-navarro e Glossman-mitnik (2013).

Por fim, as propriedades química do índigo, tornou possível a atividade trivial de seu uso, que é a utilização como corante. De acordo com o que é abordado no trabalho “A Química e as Cores” por Martins *et al.* (2015), é exposto um compilado de informações bibliográficas que atestam o mecanismo que possibilita o índigo refletir a cor azul, assim como as demais moléculas orgânicas a refletirem as suas respectivas cores. De acordo com Martins *et al.* (2015), as moléculas orgânicas refletem as cores complementares, resultantes das transições eletrônicas que ocorrem nas mesmas. As moléculas são formadas por uma cadeia conjugadas de duplas ligações de modo que não é possível afirmar que os elétrons estão fixos numa só ligação, mas, deslocalizados ao longo da estrutura molecular conjugada. Além disso, a presença de grupos cromóforos, ou seja, grupos responsáveis pela absorção de luz na região visível do espectro, como é o caso de ligações duplas $\text{C}=\text{C}$ e anéis de

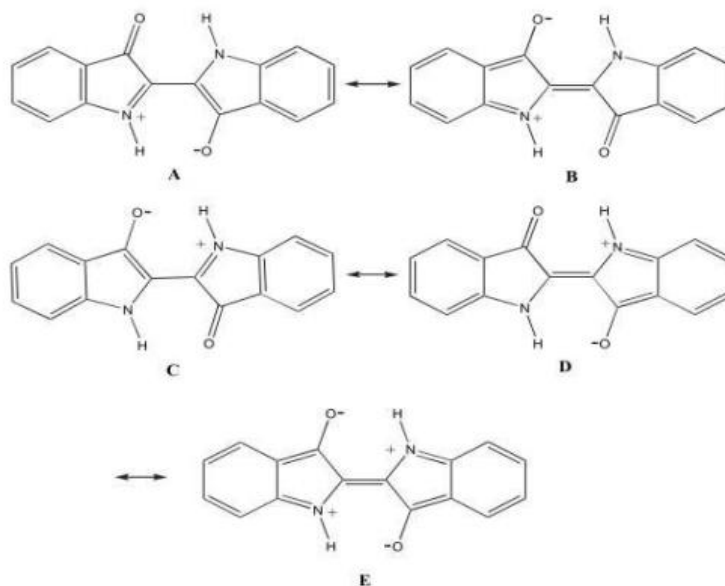
benzeno, tal funcionalidade em moléculas possibilitam-nas apresentarem cor. A presença desses grupos, explicam a formação de uma estrutura de ressonância na molécula do índigo, assim como sua cor característica, azul (VOGEL, 2002). O esquema descrito anteriormente, está representado na figura 3.

Figura 2 -Estrutura química da molécula do índigo (Indigotina).



Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10215#section=2D-Structure>

Figura 3 – Estruturas de ressonância da molécula índigo



Fonte: CHRISTIE, 2007

Além disso, a apresentação da cor dos corantes pode ser explicada pela Teoria do Orbital Molecular (TOM), que descreve o comportamento dos elétrons nas moléculas e pode explicar as transições eletrônicas que ocorrem nas mesmas. De acordo com Martins *et al.* (2015), a TOM postula que a possibilidade dos elétrons ficarem livres para realizar transições entre diferentes estados energéticos ocorre devido à configuração dos orbitais moleculares, mais especificamente, ao arranjo

entre o orbital molecular de mais alta energia ocupada (HOMO) e o orbital molecular de menor energia não ocupada (LUMO). Essa configuração permite que os elétrons transitem entre os dois orbitais quando excitados por uma fonte de energia, como a luz visível. Durante esse processo de excitação, a energia da luz é absorvida, e os elétrons saltam do estado HOMO para o LUMO. Ao retornarem ao seu estado original (HOMO), eles liberam a energia absorvida na forma de luz, o que resulta na emissão de uma cor característica do corante. Esse fenômeno é o que confere a cor visível aos corantes, já que a luz refletida tem um comprimento de onda específico, associado à cor observada.

A energia da radiação complementar que é emitida pela molécula é o resultado entre a luz incidente e a quantidade de energia que o sistema conjulgado absorveu pelos elétrons excitados. Nessa perspectiva, Martins *et al.* (2015), abordam no seu levantamento bibliográfico, ainda, que a cor resultante desse processo de absorção e emissão de energia acontece “ Em termos práticos, sistemas contendo várias ligações duplas conjugadas tendem a absorver próximo ao vermelho, enquanto os com poucas ligações duplas conjugadas tendem a absorver na região do violeta e ultravioleta”. Monahan e Kuder (1972) , explica que para o índigo, a cor azul intensa é possível devido à sua ampla faixa de absorção no visível (440 nm até 700 nm), que é a parte do espectro eletromagnético que o olho humano consegue ver. A energia da radiação eletromagnética está diretamente relacionada a frequência dessa radiação, e é expressa matematicamente, pela equação $E = h\nu$, na qual E é energia da radiação eletromagnética; h é a constante de Planck e ν é a frequência da radiação, que é inversamente proporcional ao comprimento de onda. Assim, para compreender a natureza das cores de compostos como o corante índigo, é necessário ter um certo conhecimento sobre a quantização da energia. O conceito da quantização da energia foi proposto, em 1900, por de Max Planck, físico Alemão, quando buscava uma explicação para a radiação do corpo negro. Ele, então, chegou a conclusão que a troca de energia radiada com a matéria acontece através de pacotes quantizados, esses chamados de Quanta. (ATKINS *et al.*, 2018).

Dessa forma, Planck deu um passo importantíssimo para a resolução da castátrófe do ultravioleta, problema esse relacionado a absorção e emissão de energia exorbitante por corpos em equilíbrio com o ambiente, de acordo com a física clássica. Diante disso, o que observava a física clássica ao ascender um fósforo, poderia ser considerado como catastrófico para o planeta inteiro o que, na realidade não acontecia. Logo, é devido a essa teoria que algumas teorias precisaram transcender o clássico pensamento da ciência da época e vislumbrar a quântica como novo viés científico, porém não tornando o pensamento clássico obsoleto.

Assim, baseado nos conceitos da Química Quântica, que fenômenos como as diferentes cores dos corantes podem ser explicadas. Uma vez que cada cor que vemos em um composto é o resultado da luz não absorvida, ou seja, a luz que não é suficiente para excitar os elétrons e que é refletida ou transmitida pela substância. A cor percebida depende dos fótons que o composto não absorve — os quais possuem energias correspondentes a certos comprimentos de onda visíveis (como vermelho, verde, azul etc.). Em resumo, a teoria de Planck contribui para a compreensão das cores dos compostos ao afirmar que as transições eletrônicas em átomos e moléculas envolvem a absorção de luz em quantidades discretas de energia, o que resulta em cores específicas de acordo com os comprimentos de onda da luz não absorvida (ATKINS *et al.*, 2018).

Em relação ao uso de corantes para o tingimento de tecidos, não foram apenas os processos de beneficiamento que precisaram acompanhar a indústria da moda, como por exemplo as etapas de tingimento, destroyer, engomagem entre outros. Mas também foi necessário adaptar-se a demanda de produtos essenciais ao tingimento, como no caso do corante índigo. Para atender a essa demanda, o processo de obtenção de índigo artificial, se fez necessário a adição de íons sulfonato (SO_4^{2-}) e sódio (Na^+), o que o torna um sal chamado índigo Carmim ($\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$), lhe conferindo a solubilidade em água. Seu emprego, atualmente, tem sido requisitado desde indústrias têxteis até indústria alimentícia. Outro emprego que a química do corante lhe confere, é a de indicador de pH, pois há alteração de sua cor a depender do meio que se encontra. Essa mudança de cor pelos corantes os tornam úteis para atuarem como indicadores de acidez ou alcalinidade, uma vez que sofrem a alteração em sua estrutura molecular a depender das condições do meio.

O estudo e o entendimento da natureza atômica e molecular permitem compreender os mecanismos estabelecidos pelas leis naturais, possibilitando a intervenção para cessar, modificar ou até contribuir com os processos de utilização correta de recursos naturais. Nessa perspectiva, é possível alterar a natureza do índigo blue, para que este seja melhor agregado ao algodão, de tal forma que torne mais eficiente e sustentável o beneficiamento do jeans? É possível compreender o porquê e como acontece a contaminação da água por essa molécula? Quais intervenções podem ser feitas para o tratamento da água do rio? Porque não é possível o rio fazer essa “autolimpeza”? Esses questionamentos surgem como um tema relevante a ser estudado, visando avanços científicos e uma compreensão mais aprofundada do cenário que afeta o polo de confecção em Caruaru. Por meio da ciência, busca-se analisar os desafios desse modelo econômico regional, bem como os impactos positivos e negativos, nas áreas econômica, ambiental e tecnológica.

Através do conhecimento científico e do conhecimento do contexto da problemática que envolve o índigo, a ciência possibilita meios aos quais podem amenizar o ônus de processos industriais inerentes ao desenvolvimento de uma região. Por exemplo, a poluição ao meio ambiente, o que acomete direta ou indiretamente a saúde da população a economia entre outros, como é o caso do polo de confecções do jeans no Agreste ou até mesmo torná-lo mais eficiente. Sobre as tecnologias que podem mitigar o problema da poluição, alguns métodos que vem sendo desenvolvidos têm uma eficácia relevante nos estudos divulgados, como por exemplo os métodos de fotólise, foto-Fenton clássico e uma adaptação ao foto-Fenton, substituindo o peróxido de hidrogênio por percarbonato de sódio. O método de foto-feton é um método de POA (Processos Oxidativos Avançados), ou seja, método que forma radicais hidroxilas (-OH), os quais são reativos e não seletivos, para reagir e degradar a moléculas orgânicas. Porém, esse método é mais eficiente, pois consegue atuar mais rapidamente, além de permitir a reutilização do reagente, pois utilizada radiação UV-visível em meio aquoso, não consumindo reagente, em resumo de seu trabalho, Borba et al. (2008).

3.4.1 Sustentabilidade na indústria do jeans.

O desafio quanto a soluções sustentáveis para o controle dos produtos do tingimento com o corante Índigo, é abordado por Saikhao *et al.* (2018), ao trazer alternativas favoráveis ao meio ambiente, como técnicas eletroquímicas, redução bacteriana, uso de extrato de frutas e glicose, o que permitem a redução do corante tornando-o solúvel. Portanto, a possibilidade em usar agentes naturais que reduzam o corante índigo, como a frutose, encontrada na banana, maçã e na tâmara, se fazem alternativas viáveis como substitutos do uso de ditionito de sódio, por exemplo, para a redução do corante (HOSSAIN *et al.*, 2016). Esse êxito foi constatado na utilização de índigo em solução de glicose e NaOH, uma solução alcalina, em alta temperatura, proporciona bons resultados ao banho e na redução do corante Índigo (SAIKHAO *et al.*, 2017). Soma-se a essa alternativa, o custo-benefício ecológico, uma vez que a utilização de glicose e frutose, que não são tóxicos, mas biodegradáveis e economicamente viáveis (SAIKHAO *et al.*, 2018).

Por fim, especificando brevemente sobre as técnicas eletroquímicas, a redução através da eletrólise tem se mostrado uma alternativa compatível com a escala industrial, o que favorece as vertentes mercadológicas. Segundo, Bechtold et al (2009), esse método, que consiste na aplicação de uma corrente elétrica para promover a transferência de elétrons do corante na superfície do eletrodo, apresenta uma solução mais limpa, por não utilizar agente químicos agressivos ao reduzir o

corante.No entanto, apesar de ser uma alternativa considerável, há pontos a se questionar, como por exemplo os resíduos gerados pelo desgaste dos eletrodos e os resíduos da solução eletrolítica.Portanto, isso reafirma um desafio em estudar os métodos mais eficientes e sustentáveis para esse processo valioso para a industria têxtil.

Quanto a eficiência de processos produtivos, a sustentabilidade, na realidade, é sinônimo de eficiência e lucratividade no setor de beneficiamento do jeans, graças ao aproveitamento mais eficiente dos materiais e da preservação de recursos naturais que contribuem direta e indiretamente ao futuro dessa atividade econômica. Segundo a pesquisa de campo de Gondim(2008), há evidências em que as águas brutas, efluentes equalizado e tratado possuem teores fora dos parâmetros permitidos, não atendem ao enquadramento como rio de águas doce classe 2 (CONAMA,2005). Foi identificado em que os efluentes que saem da ETES possuem teores fora do permitido para lançamento em termos de pH. Motivados pela presença de um pólo de confecções que representa o arranjo produtivo local (APL) da região, a análise foi feita em amostras de três lavanderias em Santa Cruz do Capibaribe banhadas pelo rio Capibaribe o qual banha essa região do agreste pernambucano (GONDIM ,2008). Os fatores como utilização e reuso indireto do recurso hídrico do rio Capibaribe configura a contaminação do rio e captação de água de má qualidade para confecção e, portanto, o não aproveitamento para o uso do beneficiamento, acarretando em perdas financeiras, (GONDIM ,2008). Além do fator econômico, o fator ambiental desmerece ainda mais a forma de tratamento e gestão da água.

Além disso, os tratamentos físico-químicos utilizados se mostram não tão eficientes, gerando ainda teores abaixo do padrão em termos de pH, por exemplo, a maiorias das lavanderias perdem dinheiro pelo não reaproveitamento da água e tratamento dela ao desaguar no rio. Com o reaproveitamento, haveria economia de água e, posteriormente, o tratamento feito garantiria uma longevidade desse recurso para os próximos ciclos de captação de água. Assim o tratamento da água em processos internos da lavanderia possibilita a reutilização do recurso hídrico, ou seja, economia em relação aos gastos com água (GONDIM ,2008). Nesse trabalho, apesar da análise ser feita em relação ao Rio Capibaribe, o assunto se mostra importante e de interesse público, e compartilha da mesma problemática do rio Ipojuca que banha a cidade de Caruaru- PE, pois são polos de cofecções de jeans e lavanderias. Além disso, no Agreste pernambucano , na cidade de Caruaru, Segundo a pesquisa de Pereira *et al.* (2023) , baseada nas normas do CONAMA, resoluções N.º 430 /2011 e N.º 357/2005, cerca de 60 a 70 lavanderias sendo 47 associadas à ALC e, nesse arranjo, a pesquisa identificou que a qualidade da água não estava qualificada nos limites dos parâmetros físico-químicos

em termos de pH e turbidez. Devido a esses resultados, classificou-se o rio Ipojuca como classe 4, de acordo com a resolução do CONAMA N.º 357/2005, o que trouxe um panorama do quão poluído encontra-se o rio (CONAMA, 2005).

A problemática em torno do rio Ipojuca assola as cidades pernambucanas banhadas por ele. Segundo o levantamento do IBGE(2012) o rio Ipojuca é o terceiro rio mais poluído do Brasil. Parte das cidades da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, principalmente Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, fazem parte de um grande polo têxtil desenvolvidos de maneira insustentável. Apesar dos dados econômicos serem favoráveis a uma opinião contrária a insustentabilidade, uma vez que esse mercado arrecada bilhões, segundo informações da ADEPE (2019) A cadeia produtiva têxtil e de confecções de Pernambuco movimentam mais de R\$ 5,6 bilhões por ano. Porém, o argumento desse desenvolvimento insustentável se alicerça em uma relação inexistente entre o social, o ambiental e o econômico. Segundo Brito (2013), a globalização a indústria de lavanderias foi alavancada com desafios na implementação em países em desenvolvimento a respeito da sustentabilidade, uma vez que a vinda e o crescimento dessas empresasteve êxito por não estarem apoiadas ao tripé da sustentabilidade,refletindo diretamente ao bem-estar social, econômico e ambiental.

A degradação ambiental da cidade de Caruaru está relacionada com o desenvolvimento desenfreado da cidade em função da utilização e contaminação dos recursos naturais da cidade, como por exemplo o rio Ipojuca, acometido pelo avanço insustentável da cidade, principalmente pela atividade tão importante para a economia local e nacional, a indústria de beneficiamento têxtil. A atividade das lavanderias de jeans, que liberam efluentes não tratados, agrava a qualidade da água, afetando a vida aquática e a população de Caruaru. Essa afirmativa pode ser fundamentada pelo que diz Silva (2014), sobre o processo de tingimento ser uma das mais poluidoras, o que traz agravantes ao cenário de industrialização têxtil, em que os efluente provenientes dessa atividade são descartados irresponsavelmente:

A indústria têxtil é uma das mais importantes na economia mundial, e também causadora de um forte impacto ambiental negativo, uma vez que, para que o produto de moda chegue até o consumidor são necessárias várias etapas, desde a produção da fibra até o produto final e sua distribuição. A etapa de tingimento é uma das mais poluidoras de todo o processo, muitas indústrias descartam seus resíduos diretamente na natureza (SILVA, 2014).

Além disso, a utilização intensiva de água e os processos químicos envolvidos no beneficiamento do jeans intensificam ainda mais os impactos ambientais. Como apontam Silva Filho (2013) e Duarte e Silva (2020), a falta de conhecimento sobre a dimensão do problema representa

uma ameaça à sustentabilidade e à competitividade da região.

3.5 ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE QUÍMICA: CONEXÕES ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Uma das questões que frustram e tornam o conhecimento científico obsoleto ou ineficiente é a forma como é tratado. Esta situação também pode acontecer em aulas práticas que trazem uma simulação descontextualizada em discussões pós experimento sobre a realidade regional ou cultural do estudante, assim como roteiros prontos que inibem a criatividade, tornando o mundo real hostil para o pensamento autônomo e científico existirem, frente as problemáticas do cotidiano. Sobre a afirmativa, em sua obra intitulada *Pedagogia do Oprimido*, Paulo Freire (1970) diz que "A educação deve começar do contexto do educando, para que o saber não se constitua em um ato de imposição, mas de descoberta e compreensão do mundo". Aulas experimentais no laboratório de química, por exemplo, são, geralmente, categoricamente fundamentada em um passo a passo técnico de um roteiro o qual foi testado e atestado os resultados esperados.

Nessa última perspectiva não se vê como um agravante que desassocie a ciência durante essa prática em aula, porém a problemática está atrelada ao roteiro típico e unicamente técnico, o qual não considera variações de abordagens pertinentes as problemáticas regionais do contexto cultural, econômico, social e ambiental do aluno. Na perspectiva de Chassot *et al.* (1993), a experimentação favorece o aprendizado e a formação cidadã, quando está atrelada a fatos da realidade e utilizada para reflexão, compreensão e criticidade ao mundo real, adicionando-se a isso a interdisciplinaridade de outros conhecimentos e a contextualização que faça sentido ao aluno, ou seja, a sua cultura, a sua localidade.

Por essa razão, o procedimento experimental, especialmente na área científica, tem sua importância, principalmente na experimentação e na análise e discussão de dados e resultados. Porém, a abordagem particularmente técnica, empobrece a compreensão da natureza e do mundo real, uma vez que é desconectada do contexto social e ambiental dos estudantes, como traz Chassot *et al.* (1993). Esse modelo, ainda presente em muitos cursos de formação docente, privilegia o aprendizado mecânico e a reprodução de experimentos, sem considerar a formação crítica e reflexiva dos alunos. Como resultado, os estudantes podem desenvolver um entendimento superficial e desvinculado das implicações práticas da Química no cotidiano. Segundo Galianzi e Gonçalves (2004), a formação de

docentes quando pautadas na visão técnica em comprovar a teoria por uma abordagem tradicional, inspirada no provar o que se enxerga. Ou seja, uma ciência de exercícios mecânicos e desvinculada da vivência tradicional.

No entanto, a abordagem contextualizada, a qual busca integrar os conhecimentos de Química com as realidades sociais, ambientais e econômicas locais, promovendo uma aprendizagem mais significativa, não pode se prender ao ciclo que tem como o fim em si mesma. Pois assim, se centraliza apenas aos conceitos e se desvincula ao ensino interdisciplinar a outros conhecimentos escolares e assuntos da vida do estudante, como trazem Wartha e Alário (2005). Ao considerar o contexto dos estudantes, como as questões ambientais da região onde vivem, essa abordagem torna os conteúdos mais próximos da realidade deles, ou seja, úteis para a vida, despertando o interesse e a reflexão crítica, (CHASSOT *et al.*, 1993).). No caso específico do Agreste pernambucano, por exemplo, é possível aplicar conceitos de Química para entender a confecção do jeans, atividade econômica relevante para esta região, considerando seus aspectos como a economia, saúde, tecnologia e questões sociais e ambientais.

Assim, a partir da ciência, é possível estudar a química do corante índigo, crucial para o beneficiamento têxtil, e os processos químicos envolvidos na fabricação do jeans. Além disso é necessário avaliar criticamente, a partir da ciência, a eficiência energética, o uso de recursos naturais e o tratamento dos resíduos contaminados, incluindo a poluição do Rio Ipojuca, resultante da industrialização local. Essa prática pode proporcionar não só a compreensão científica, mas também o desenvolvimento de cidadãos conscientes e preparados para atuar de forma sustentável na sociedade (CHASSOT *et al.*, 1993).

Diante do exposto, o ensino de Química deve ir além de uma abordagem apenas preocupada em aplicar conteúdo e ser verdadeiramente conectado ao cotidiano do aluno. Quando voltado para o contexto social, não deve se limitar apenas a satisfazer curiosidades, mas sim capacitar o aluno a entender e agir em sua própria realidade, utilizando o conhecimento para melhorar sua qualidade de vida. A contextualização, tanto como estratégia de ensino-aprendizagem quanto como ferramenta para o desenvolvimento de atitudes e valores, é essencial para formar um cidadão crítico. Essa abordagem tem sido defendida por diversos estudiosos (SANTOS; SCHNETZLER, 1996; CHASSOT *et al.*, 1993 ; GIORDAN, 1999)

Ademais, na ótica de Santos e Mortimer (2000), a implementação CTSA nos currículos educacionais da educação básica, precisa ser bem pensada e, além de tudo se precisa ter a compreensão do papel social no ensino de ciências, para que seja devidamente utilizada e para que

não seja perdida como letra morta na legislação. Assim, não é o bastante apenas a disseminação de materiais didáticos e materiais complementares como os paradidáticos contendo temas sociais entre os capítulos desses materiais didático, visto que é um placebo para a real integração do currículo de ciências com as razões do CTSA. Nessa perspectiva, ainda, apesar de Paulo Freire não atuar diretamente na perspectiva CTSA, suas contribuições se somam a ideia da importância de se trabalhar CTSA nos currículos, assim como se soma a preocupação legislativa de como a lei transcorre quanto a isso, e preocupação da atuação executiva de como se materializa isso. Pois, segundo ainda Santos e Mortimer (2000) currículo CTSA tem muito a contribuir para a alfabetização e letramento científico. Logo, paralelo a isso, é defendido por Paulo Freire (1970) ao dizer que alfabetizar é um ato de conscientização política. Portanto, é numa abordagem CTSA, vinculada a um contexto real e cotidiano, que elucida Freire sobre uma proposta de educação libertadora. Dessa maneira, ao trabalhar temas relevantes ao presente, temos através de suas aspirações, necessário os educadores e a sociedade se apoiar no conteúdo programático na educação.

Em suma, a abordagem CTSA, ao integrar a ciência, a tecnologia e o meio ambiente às questões sociais e culturais, se alinha à proposta de Paulo Freire (1970), que, em sua obra "Pedagogia do Oprimido", destaca a importância do diálogo crítico e do raciocínio. Freire critica a educação "bancária", que promove a recepção passiva de conteúdos desconectados da realidade dos educandos, e propõe uma pedagogia que envolva ativamente o estudante na construção do conhecimento, associando a prática educativa à transformação social.

3.6 PROPOSTA DE OFICINA TEMÁTICA INTEGRANDO CTSA AO ENSINO DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO CRÍTICA DOS LICENCIANDOS

O uso de oficinas temáticas no ensino de Química tem ganhado destaque nos últimos anos, principalmente devido à sua capacidade de conectar os conceitos químicos à realidade dos alunos, tornando o aprendizado mais engajante. Marcondes (2007) defende que as oficinas temáticas são uma metodologia inovadora no aprendizado científico, com ênfase na contextualização e experimentação. Ademais, para refletir sobre os impactos ambientais e os tratamentos físico-químicos possíveis para atenuar os danos causados, através da compreensão das propriedades químicas no mundo. Em conformidade a isso, essa abordagem permite que os alunos compreendam como a Química pode ser aplicada para solucionar problemas reais, ao mesmo tempo que promove uma reflexão ética sobre o uso de substâncias químicas na indústria e seus efeitos sobre o meio ambiente.

Esse modelo pedagógico é um importante aliado na contextualização dos conteúdos de Química, pois permite que os estudantes compreendam os conceitos de maneira progressiva e que possam aplicar o que aprenderam em situações cotidianas. Por exemplo, como entender o porquê o Rio Ipojuca ficou poluído e como esse problema pode servir como reflexão do efeito colateral de um modelo econômico insustentável. Além do mais permitir uma reflexão sobre a concepção da sociedade em relação à saúde, economia e meio ambiente. Nesse contexto, entender a natureza química do corante Índigo, utilizado na indústria têxtil, pode ajudar a promover uma reflexão crítica sobre esses desafios, abrangendo tanto os impactos ambientais quanto os sociais e econômicos gerados por esse modelo. Por esse motivo, inserir o aluno na experimentação e argumentação sobre a realidade a sua volta é de suma importância para despertar, além da curiosidade, o interesse pelas questões sociais e ambientais e entender como elas se enlaçam, como defendem Gouvea e Machado (2005) e Wartha e Alário (2005).

A utilização de uma oficina temática, como a apresentada neste estudo, pode proporcionar uma imersão nos conceitos químicos do corante índigo, ajudando a compreender a complexidade da indústria têxtil na região, seus impactos e desafios para um desenvolvimento sustentável. Fundamentada nos 3 momentos pedagógicos de Delizoicov (2002), essa oficina tem como etapa inicial, primeiro momento pedagógico, a Problemática inicial, a qual acontece à luz da discussão do histórico de desenvolvimento industrial desenfreado da região, que resultou em problemas ambientais, como a poluição do Rio Ipojuca, um símbolo desse crescimento insustentável. A análise crítica dos impactos da poluição no meio ambiente, a eficiência dos processos industriais e seus efeitos econômicos e sociais destacam o papel da Química na identificação e mitigação desses problemas. Ou seja, problematizar a partir de uma situação real, de maneira a discutir e proporcionar a socialização e exposição do conhecimento dos alunos, permitindo uma transposição didática que conecte o conhecimento adquirido e o conhecimento específico e favorecendo, portanto a aprendizagem. Em conformidade a esse momento pedagógico, Marcondes *et al.* (2007), dizem que as oficinas temáticas possibilitam uma abordagem mais contextualizada e interativa no ensino de Ciências, favorecendo a aprendizagem.

Após a problematização inicial, no sentido de avançar no processo de aprendizagem, as atividades experimentais e a produção de relatório e síntese crítica, dão destino uma abordagem sistemática do conhecimento, proporcionando dados e conhecimento que dão profundamento ao tema problematizado, assim como está organizado no segundo momento pedagógico denominado “Organização do Conhecimento”, (DELIZOICOV, 2002). Nesse sentido, a inserção de atividades

experimentais permite que os estudantes compreendam a natureza dos corantes, os fenômenos físico-químicos relacionados aos processos de beneficiamento do jeans, eficiência no tratamento da água, impactos econômicos e no bem estar da população, promovendo o desenvolvimento da autonomia na forma crítica de pensar e o protagonismo estudantil (SANTOS; SCHNETZLER, 2000). Além disso, a contextualização dos conteúdos científicos, conforme defendem Wartha e Alário (2005), contribui para a formação de cidadãos críticos e engajados, capazes de relacionar os conhecimentos adquiridos em sala de aula com problemas regionais reais ao descrever processos físico-químicos, por exemplo, que podem ser utilizados para um entendimento da complexidade dos processos da indústria de beneficiamento, de soluções sustentáveis para o tratamento das águas e eficiência econômica para indústria, e impactos ambientais, político e bem estar da população.

Dessa maneira, a experimentação através de uma oficina temática, visa não apenas o aprendizado técnico, mas também a viabilização da cidadania crítica, ao sensibilizar os alunos para a importância do uso responsável da química e de tecnologias mais limpas. Como destaca Souza (2007), a utilização de uma variedade de materiais e métodos pedagógicos pode favorecer a relação entre professor, aluno e conhecimento, tornando o ensino mais motivador e dinâmico.

Dessa forma, além de terem o contato com a experimentação em torno do contexto da própria realidade, o aluno pode vir aplicar o que observou, através do terceiro momento, “Aplicação do conhecimento”, de Delizoicov, (2002), que traz o objetivo de aplicação o conhecimento pelo aluno, de maneira que as etapas anteriores possam capacitar o aluno a compreender, analisar e interpretar situações iguais ou similares direta ou indiretamente ao foco de estudo abordado na oficina. Na oficina temática deste trabalho, o objeto é que os alunos desenvolvam propostas e soluções para a problemática apresentada. Neste caso, soluções viáveis econômica e ambientalmente, levando em conta a química envolvida ao corante índigo e as realidades locais de Caruaru, onde é observada e sentida a poluição industrial que afeta diretamente o rio Ipojuca). Esse momento de aplicação prática é fundamental, pois permite que os alunos integrem os conhecimentos adquiridos de maneira crítica e contextualizada. A utilização desse tipo de metodologias está em consonância com a adequação ao currículo da educação básica regida pelos princípios da BNCC, que propõe que a educação básica deve promover o desenvolvimento global dos alunos, integrando as capacidades intelectuais, físicas, emocionais, sociais e culturais (BNCC, 2017). Essa vinculação está implícita aos currículos do curso de licenciatura em Química, inclusive da UFPE-CAA, o qual possibilita, dentre tantas atuações ao mercado de trabalho, o profissional licenciado atuar na educação básica (PPC, 2019).

Em união com a oficina temática, observamos que a utilização de uma abordagem CTSA no

ensino de Química, também visa contribuir para a formação crítica dos licenciandos, sensibilizando-os para os impactos sociais e ambientais da ciência e da tecnologia. Santos e Schnetzler (2000) e Marcondes (2008) destacam a importância da contextualização no ensino de Química, pois ela facilita a transição entre os níveis de representação (Macroscópico, molecular e simbólico) de Johnstone (2009), ajudando os alunos a estabelecerem conexões entre os conceitos químicos e a realidade social que os cerca. A proposta de oficina didática, portanto, não apenas promove o aprendizado dos conceitos químicos, mas também prepara os licenciandos para uma atuação crítica e reflexiva em sua futura prática docente, contribuindo para a formação de cidadãos conscientes e responsáveis.

4. METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa, de natureza descritiva e também de abordagem exploratória, pois, visa a abordagem de metodologias ao ensino-aprendizagem de química por meio de uma oficina temática. De acordo com Minayo (2001), a pesquisa qualitativa é uma forma de se trabalhar com aspectos subjetivos do que é analisado ou avaliado, de forma a ser imprescindível a sua aplicação para objetos de estudos com que contemplem um universo de significados, como motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que distancia, dessa maneira, por natureza a classificação de uma pesquisa quantitativa, e permite a opção de observar as nuances dos processos subjetivos do objeto estudado. Por isso, essa pesquisa é classificada como qualitativa, pois requer uma abordagem que considere fatores subjetivos importante, os quais podem não ser interpretados conforme a metodologia de uma pesquisa quantitativa.

A pesquisa também se enquadra como exploratória, uma vez que, permite flexibilidade na exploração do objeto de estudo e a exploração de vários aspectos da pesquisa, dando maior familiaridade ao problema e possibilidade de torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2008). Dessa maneira, a oficina temática propõe a inserção de elementos inovadores, como a metodologia científica associada a fatores culturais, o uso de experimento combinado com a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e a interdisciplinaridade entre as disciplinas do curso de Química da UFPE-CAA.

Portanto, a pesquisa visa abordar a química de substâncias e os processos relacionados a esses objetos de estudo, ao analisar o potencial de uma oficina temática baseada na abordagem CTSA utilizando a química do corante índigo para promover uma aprendizagem crítica dos licenciandos do curso de Química da UFPE-CAA. Dessa forma, pode oferecer alternativas aos métodos tradicionais em disciplinas práticas de laboratório, muitas vezes praticados, utilizados no CAA da UFPE. Essa abordagem explora novos caminhos metodológicos, podendo facilitar a compreensão de conceitos científicos de forma contextualizada com o cotidiano e a realidade regional.

Além disso, essa pesquisa pode ser classificada como intervencionista, pois estabelece uma proposta de intervenção no ensino de química, de modo a contemplar uma problemática real no ensino de química: a prática pedagógica restrita ao uso de roteiros previamente elaborados, sem conexão com o contexto real nem com a compreensão do funcionamento e da finalidade da ciência para a

sociedade, limitando-se ao conteúdo em si. A proposta visa, portanto, oferecer aos licenciandos da UFPE-CAA oportunidades de vivenciar práticas contextualizadas e buscar soluções capazes de transformar essa realidade. Dessa forma, Thiollent (1986) traz a perspectiva de pesquisa intervencionista como formato forjado na interação do pesquisador com o meio social, de maneira a modificar ou influenciar o fenômeno em análise.

Portanto, ao propor uma oficina temática centrada em elementos regionais, como o polo de confecções, atividade relevante para sociedade caruaruense, por meio da química do corante índigo, esta poderá intervir ativamente no processo de ensino e aprendizagem, na formação crítica e científica e no desempenho dos estudantes.

4.2 SUJEITOS E CAMPOS DE PESQUISA

Esta oficina temática é voltada para licenciandos do Curso de Química da UFPE-CAA, a partir do 6º período, que já possuem conhecimento dos conceitos abordados nas disciplinas de Química Geral, Química Orgânica, Físico-Química, Química Inorgânica e Química Analítica. Esses conceitos incluem funções orgânicas, estrutura molecular, Teoria das Ligações Químicas (TLV e TOM), pH, eletroquímica, espectroscopia, reações químicas, entre outros. O objetivo da oficina é propor uma alternativa a aprendizagem crítica a métodos tradicionais no ensino de disciplinas práticas em laboratório, fundamentada na abordagem CTSA e na química do corante índigo aos alunos, permitindo aplicar o conhecimento científico a contextos práticos, econômicos, sociais e ambientais, de modo a integrar a teoria científica ao cotidiano e à realidade regional de forma contextualizada.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise de resultados desta pesquisa será realizada por meio de uma abordagem a priori. Essa abordagem é fundamentada no referencial teórico apresentado ao longo desta pesquisa. Este tipo de análise consiste em organizar e interpretar os dados com base em conhecimentos prévios sistematizados, permitindo que as observações e as interpretações estejam ancoradas em fundamentos teóricos previamente estabelecidos. Dessa forma, a análise desta oficina temática, assim como as atividades propostas e refletidas durante a análise e discussão dos resultados, estarão previamente fundamentadas. Dessa maneira, torna-se possível uma avaliação criteriosa e fundamentada na teoria deste trabalho. Por outro olhar, também é válida para manter a coerência e organização interna deste

trabalho, resguardando sua essência.

Dessa maneira, a análise a priori poderá permitir uma verificação não apenas ao alcance dos objetivos propostos, mas também identificar possíveis melhorias na organização e aplicação de oficinas temáticas futuras, reforçando a importância de práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de química. Além disso, a abordagem a priori possibilita relacionar as interações da oficina com os objetivos de aprendizagem, os quais são a formação crítica cidadã atrelada a aprendizagem da química, através da abordagem CTSA, a qual pode oportunizar a contextualização do ensino ao assunto de interesse científico e tecnológico, social e ambiental. Dessa forma, esses objetivos são apontados nessa pesquisa de forma a evidenciar o desenvolvimento da consciência científica e ética dos licenciandos.

4.4 UMA PROPOSTA DE OFICINA TEMÁTICA

A proposta de oficina temática tem como objetivo integrar os conceitos de Química à realidade local, utilizando a indústria têxtil da cidade de Caruaru, um polo de produção de jeans, como ponto de partida. O objetivo principal da oficina é o estudo do corante têxtil Índigo, suas propriedades físico-químicas e os impactos ambientais, sociais e econômicos associados ao seu uso na indústria. A oficina busca não apenas aprofundar o conhecimento dos estudantes sobre os processos químicos envolvidos, mas também promover uma reflexão crítica sobre os desafios que envolvem a sustentabilidade, economia, saúde e meio ambiente, como a poluição do rio Ipojuca, exemplo de marcas deixadas pelo avanço desenfreado da industrialização na região.

Dessa maneira, a proposta é estruturada de acordo com os três momentos pedagógicos sugeridos por Delizoicov et al. (2002): o estudo da realidade, a organização do conhecimento e a aplicação desse conhecimento. A oficina temática foi planejada para ocorrer ao longo de três semanas, com carga horária total de 14 horas. Sua realização segue um cronograma estruturado que contempla as etapas, encontros e momentos pedagógicos, conforme apresentado no Quadro 1.

Assim, na primeira etapa, que inicia-se com o primeiro encontro, será contemplada o 1º momento pedagógico - Estudo da Realidade (DELIZOICOV et al., 2002). Dessa maneira, alunos são introduzidos ao contexto histórico e social de Caruaru, compreendendo a importância do polo têxtil local, seus desafios econômicos, sociais e os problemas ambientais, como a poluição do rio Ipojuca, exacerbada pela industrialização irresponsável. Além disso, será oportunizada nessa socialização, uma apresentação sobre os métodos tradicionais utilizados pela indústria têxtil e alternativas de

processos menos danosos desenvolvidos, como a utilização da frutose e a eletrólise. O final da primeira etapa, os alunos, organizados em 3 grupos, escolhem um de três métodos distintos de tingimento para aplicar nessa prática, sendo que nenhum grupo poderá escolher o mesmo método, respeitando a ordem de escolha. Sobre os métodos disponibilizados para escolha, são: tingimento tradicional utilizando o hidróxido de sódio (NaOH) que configura o meio alcalino reacional e o dititionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) como o agente redutor; tingimento utilizando uma base forte e a frutose/glicose como alternativa sustentável; tingimento utilizando uma base forte e a eletrólise para redução do corante índigo.

É válido ressaltar, que a exposição oral é realizada pelo professor mediador seguida de uma discussão coletiva sobre o assunto. A previsão é que o período de duração desse encontro seja de 3 horas, no entanto, caso julgue necessário, o professor pode alterar o tempo de duração do encontro.

A segunda etapa ocorre em três encontros, cada um realizado em um dia diferente e destinado a uma equipe específica, de modo a permitir ajustes diante de possíveis imprevistos na realização do experimento e da análise dos resíduos. Assim, cada equipe (1, 2 e 3) terá seu segundo encontro separadamente, no qual será desenvolvido o 2º momento pedagógico – Organização do Conhecimento, conforme Delizoicov et al. (2002). Esse momento ocorre no dia seguinte para a primeira equipe e, nos dias úteis consecutivos, para as demais. A duração prevista para o segundo momento pedagógico é de quatro horas por equipe, no respectivo dia de encontro, conforme o cronograma apresentado no Quadro 1.

Ademais, a discussão ocorrida no primeiro encontro é aprofundada na segunda etapa, com o primeiro experimento da oficina: o tingimento de peças de jeans.

Ainda na segunda etapa da oficina, o foco passa a ser a análise dos resíduos resultantes do tingimento dos tecidos, através da utilização do método de espectroscopia. Essa análise será feita de forma quantitativa e qualitativa, a fim de verificar a presença do corante Índigo nos resíduos e demonstrar que nenhum dos métodos testados é completamente eficiente a ponto de eliminar a geração de resíduos no processo de tingimento do jeans. Na análise qualitativa, é obtido o espectro de absorção na região do visível do corante. Após a obtenção do espectro.

Além disso, o segundo encontro da oficina abrange o conhecimento para o entendimento das características físico-químicas da molécula índigo que permitem quantificar a sua concentração através da espectroscopia e os fundamentos dos fenômenos físico-químicos do método de análise espectroscópica.

Por fim, ainda correspondendo a segunda etapa, os alunos precisarão elaborar em horário extra da oficina, um relatório apresentando os resultados coletados e discussão referente ao experimento, e uma síntese que compreenda o conhecimento científico aliado a reflexão sobre a ética e o contextual da oficina. Sobre a ética, refere-se aos processos industriais perante os danos a sociedade e ao ambiente. Sobre o contextual, considera-se a importância econômica e social do polo têxtil e como a ciência pode contribuir para refletir sobre novas alternativas e práticas abordadas. O material elaborado é entregue e discutido em um terceiro encontro, que ocorre, após uma semana, de forma virtual, por meio de plataformas digitais, como o google meet.

A entrega do relatório e a síntese é realizada no último encontro, ou seja, 1 semana de prazo para entrega, que poderá ser feita de forma virtual. Soma-se a isso, a apresentação dos relatórios que devem ser socializadas virtualmente pelas plataformas digitais, como o google meet.

Por fim, na etapa 3, o último encontro, o qual acontece duas semanas após a segunda etapa, a oficina temática culmina na aplicação do conhecimento desenvolvido, ou seja, a aplicação do terceiro momento pedagógico (DELIZOICOV *et al.*, 2002). Nesta etapa, os estudantes devem desenvolver soluções práticas para os desafios econômicos, ambientais e sociais identificados ao longo do processo. A partir da análise crítica dos impactos danosos à eficiência no processo de tingimento, poluição e do uso do Índigo experimentados, os alunos têm a oportunidade de sugerir alternativas mais sustentáveis para os processos de beneficiamento dos jeans e do tratamento da água. Além disso, o exercício deverá ter ênfase na utilização de tecnologias mais limpas, eficientes e na conscientização sobre os impactos sociais e econômicos dessa indústria. As propostas e sugestões dos alunos terão carácter prático e experimental por vias digitais para apresentação em laboratório, ou seja, gravar a imagem por vídeo, o experimento que será elaborado no laboratório de química da UFPE-CAA e apresentá-lo posteriormente no último encontro. Ou seja, propor soluções aos problemas apresentados pelo professor, uma melhor eficiência da etapa de beneficiamento do jeans, tratamento dos efluentes, conforme designado a cada grupo, considerando também as políticas públicas e diretrizes econômicas que fortaleceriam o ecossistema sustentável da cadeia econômica do polo têxtil de confecção dos jeans utilizando o índigo blue.

Quadro 1- Cronograma de atividades da oficina.

Etapas	Momento Pedagógico	Encontro da oficina	Carga Horária	Atividades
Etapa 1	1. Estudo da Realidade	1º Encontro	3 horas	Exposição oral
Etapa 2	2. Organização do Conhecimento	2º Encontro -equipe 1- segundo dia útil; 2º Encontro- equipe 2- terceiro dia útil; 2º Encontro-equipe 3- quarto dia útil;	4 horas para cada equipe no seu respectivo dia	Experimentos
		3º encontro – virtual- 1 semana após o quarto dia útil.	3 horas	Entrega de relatório e socialização dos resultados
Etapa 3	3. Aplicação do Conhecimento	4º Encontro- 2 semanas após o último encontro (quarto dia útil).	4 horas	Apresentação dos experimentos elaborados e discussão

Fonte: o autor (2025)

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposta desta oficina temática de Química fundamenta-se na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e se organiza a partir dos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV *et al.*, 2002), articulando estratégias de ensino que possibilitam aos estudantes compreender, problematizar e intervir criticamente em questões que permeiam o seu contexto social. O tema central escolhido é o corante índigo e o processo de beneficiamento de jeans no polo têxtil de Caruaru, no Agreste Pernambucano, por sua relevância social, cultural, econômica e ambiental. O fio condutor da oficina é a reflexão sobre como o desenvolvimento industrial pode gerar tanto benefícios econômicos quanto impactos socioambientais significativos de forma negativa, exigindo uma leitura crítica e integrada da realidade.

O primeiro momento pedagógico corresponde à contextualização crítica e problematização inicial, tendo a indústria têxtil de Caruaru como cenário de integração da perspectiva CTSA. A metodologia adotada fundamenta-se na exposição dialogada do professor mediador, combinada com a discussão coletiva, com base no Estudo da Realidade proposto por Delizoicov *et al.* (2002) e na pedagogia libertadora de Paulo Freire (1970), que defende a necessidade de partir da realidade concreta vivida pelos estudantes para promover a conscientização crítica. Nesse momento, o polo de confecções do Agreste Pernambucano é apresentado em seus múltiplos aspectos sociais, culturais, econômicos e ambientais, instigando o debate sobre seus impactos positivos — geração de emprego, movimentação da economia, exportações — e também sobre seus efeitos negativos, como a poluição hídrica e a marginalização de grupos sociais.

Em seguida, introduz-se o índigo como objeto de estudo científico, apresentando suas propriedades químicas, seu papel no tingimento do jeans e sua relevância como elemento problematizador diante da questão do descarte inadequado de efluentes. Nessa perspectiva, um elemento essencial da proposta didática da oficina é o papel do professor como personagem mediador. Nesse sentido, segundo Vygotsky (1978), a assimilação e o raciocínio sobre novas informações ocorrem de forma progressiva, por meio de etapas que são acessadas com o auxílio da mediação, neste caso, da interação discursiva com o professor, que atua facilitando o alcance de níveis mais complexos de aprendizagem.

O segundo momento pedagógico da oficina centra-se na experimentação e análise crítica por meio do tingimento de amostras de jeans e da análise espectrofotométrica do corante índigo, guiado pela literatura que compõe Skoog (2008), ao considerar a espectrofotometria como recurso de

investigação científica e Perrone (1977), que diferencia e integra análise qualitativa (identificação de substâncias) e quantitativa. Além disso, a organização metodológica baseia-se em atividades práticas em grupo, seguidas de análise qualitativa e quantitativa e socialização dos resultados, atividades as quais são permeadas pela teoria de Vygotsky (1978), que ressalta a importância da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), estimulada pela aprendizagem colaborativa. A proposta consiste em realizar o tingimento utilizando diferentes métodos, coletando e analisando o resíduo líquido gerado por espectrofotometria UV-Vis.

Essa atividade, portanto, pode permitir discutir, de forma concreta, a eficiência dos processos e os impactos ambientais envolvidos, reafirma-se tal importância através de Zabala (1998) que destaca que a aprendizagem torna-se significativa quando vinculada à reflexão e à ressignificação das práticas vividas. Além de poder desenvolver habilidades científicas e possibilitar promover a reflexão crítica sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, autores como Chassot et al. (1993) e Gouvêa e Machado (2005) defendem que a experimentação, quando articulada à realidade social, contribui para a formação de uma postura crítica e cidadã. Dessa forma, o segundo momento pedagógico pode possibilitar a integração entre saberes científicos e problemáticas reais, transformando a atividade prática em um espaço de reflexão coletiva.

O terceiro momento pedagógico da oficina corresponde ao protagonismo e à intervenção dos estudantes, etapa em que o conhecimento científico é mobilizado para pensar soluções aplicáveis ao contexto do polo têxtil, o que está fundamentado através do estudo da realidade de Delizoicov et al. (2002). A organização metodológica consiste na realização de trabalhos em grupo, em que os estudantes elaboram propostas experimentais ou projetos sustentáveis, que podem ser apresentados em laboratório, universidade ou por meio de vídeos. As situações didáticas envolvem a elaboração de relatórios com justificativas químicas, sociais e ambientais, além da socialização das propostas em debates coletivos. Essa etapa se baseia em Magalhães (2019), que critica práticas tecnicistas e defende o papel transformador da reflexão crítica e da ação social.

Além disso, o eixo articulador permanece sendo a abordagem CTSA, que integra ciência, tecnologia, sociedade e ambiente na busca por soluções concretas. Sob a ótica de Vygotsky (1978), a intervenção social fortalece a mediação e a internalização do conhecimento científico aplicado, permitindo que os estudantes se tornem protagonistas de sua própria aprendizagem. Nesse sentido, a formação docente também é contemplada, pois a prática proposta rompe com uma visão meramente técnica da ciência, estimulando a criatividade, a criticidade e a responsabilidade social dos futuros professores, o que está alinhado ao que traz Freire (1970) acerca da valorização pedagógica ao

promover o protagonismo estudantil através de uma intervenção transformadora considerando a realidade e contexto local. Além disso, as proposições desse momento da oficina convergem também às contribuições de Zabala (1998) sobre aprendizagem, para a construção de um processo educativo que não se limita à transmissão de conteúdos, mas pode promover a problematização e a ressignificação do conhecimento. Por fim, essa oficina, no terceiro momento, avança na pauta problematizadora que trazem Gouvêa e Machado (2005) e Magalhães (2019) que reforçam a necessidade de superar práticas tecnicistas e de articular ciência e sociedade de forma crítica.

Em síntese, a oficina temática sobre o corante índigo e o polo têxtil de Caruaru pode ser configurada como uma prática pedagógica que pode possibilitar articular teoria e prática, ciência e sociedade. Por meio dos Três Momentos Pedagógicos, busca-se levar os estudantes a compreender os processos químicos relacionados ao tingimento, problematizar os impactos socioambientais do setor têxtil e elaborar propostas de intervenção que expressem protagonismo e compromisso social. Trata-se, portanto, de uma proposta que pode ultrapassar o ensino tradicional de Química, podendo também assumir um caráter emancipador, crítico e transformador, em consonância com os princípios da abordagem CTSA. Em outras palavras, ao promover a contextualização do ensino de Química, essa proposta visa formar cidadãos conscientes e preparados para atuar de maneira ética e responsável frente aos desafios sociais e ambientais do mundo contemporâneo.

A oficina temática, foi elaborada considerando os aspectos subjetivos que agregam a aprendizagem, como os fundamentos psicológicos da educação, teoria da aprendizagem e aspectos objetivos como as teorias científicas e os postulados da ciência clássica e moderna. O quadro 2 demonstra a estrutura da oficina temática quanto a sua carga horária, conteúdos, objetivos e atividades a serem desenvolvidas.

Quadro 2- Estrutura sistemática da proposta da oficina temática

Etapas	Momento Pedagógico	Encontro da oficina/Carga Horária	Carga Horária	Objetivos	Conteúdos	Atividades

Etapa 1	• Estudo da Realidade	1º Encontro	3 horas	• Introduzir o contexto cultural, social, econômico e ambiental da cidade de Caruaru; • Compreender a importância do polo têxtil e seus impactos; • Apresentar o corante Índigo como objeto de estudo e problematização; • Relacionar os impactos do uso do corante à poluição do rio Ipojuca e à sustentabilidade.	• Polo têxtil de Caruaru; • Industrialização e impactos ambientais (poluição do rio Ipojuca); • Introdução ao corante Índigo e ao processo de tingimento de jeans;	• Exposição dialogada com o professor mediador; • Discussão crítica em grupo; • Apresentação dos métodos de tingimento a serem utilizados no segundo momento pedagógico. • Escolha dos métodos de tingimento pelas equipes
Etapa 2	• Organização do Conhecimento	• 2º Encontro -equipe 1 • 2º Encontro - equipe 2 • 2º Encontro -equipe 3	4 horas para cada equipe no seu respectivo dia	• Aplicar o conhecimento químico nos processos de tingimento do jeans; • Compreender as propriedades físico-químicas do corante Índigo; • Analisar qualitativa e quantitativamente os resíduos gerados nos diferentes métodos; • Estimular o raciocínio crítico e científico.	• Processos de redução e oxidação; • Métodos de tingimento (tradicional, sustentável com frutose/glicose, eletroquímico); • Propriedades físico-químicas do corante Índigo; • Fundamentos de espectroscopia e Lei de Beer-Lambert.	• Realização do experimento de tingimento em grupos; • Observação dos resultados e resíduos; • Análise espectroscópica (qualitativa e quantitativa);

Etapa 2	• Elaboração de relatório para entrega na semana seguinte e socialização virtual	• Entrega do relatório no 3º encontro (1 semana de prazo após o dia 04) • Encontro virtual-via google meet todas as equipes (no mesmo dia da entrega do relatório)	• 3 horas	• Produção coletiva de relatório técnico-reflexivo com análise dos dados, interpretação dos fenômenos e discussão crítica • Apresentação, comparação e discussão dos resultados entre os grupos	• Análise qualitativa e quantitativa dos resultados experimentais; interpretação dos fenômenos físico-químicos envolvidos no tingimento com corante índigo; integração dos dados à abordagem CTSA; elaboração de síntese técnico-reflexiva	• Entrega e discussão dos relatórios e sínteses elaboradas. • Apresentação de relatório com dados e reflexões.
Etapa 3	3. Aplicação do Conhecimento	4º Encontro	3 horas	• Aplicar o conhecimento adquirido na proposição de soluções sustentáveis; • Refletir sobre os impactos sociais, ambientais e econômicos da indústria têxtil; • Desenvolver o protagonismo e a autonomia estudantil.	• Sustentabilidade e tecnologias limpas; • Propostas para o tratamento de efluentes; - Políticas públicas e soluções locais; • Ética e responsabilidade socioambiental.	• - Apresentação dos experimentos gravados em vídeo como propostas desenvolvidas pelos grupos; • Discussão coletiva sobre viabilidade e impacto das propostas;

Fonte: o autor (2025)

5.1 MOMENTO PEDAGÓGICO 1- CONTEXTUALIZAÇÃO CRÍTICA E PROBLEMÁTICA INICIAL: A INDÚSTRIA TÊXTEL DE CARUARU COMO CENÁRIO DE INTEGRAÇÃO CTSA

O primeiro momento da oficina temática está baseada no Estudo da realidade, proposto por Delizoicov *et al.* (2002), esse momento é aproveitado para abordar o tema a partir de uma situação real. Essa abordagem, no caso desta oficina, contempla o quarteto Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, com a problemática da utilização do corante índigo para tingimento do jeans. Essa abordagem começa com a apresentação do contexto social, econômico e ambiental que compõem a

importância cultural do polo de confecções do Agreste Pernambucano o qual Caruaru faz parte. Essa imersão acontece com a exposição oral pelo professor mediador e uma discussão coletiva acerca do tema, contemplando a história que agrega as causas e motivos do desenvolvimento desse tipo de indústria na região, seja pela disponibilidade de recursos hídricos ou pela necessidade de alcançar bens através das oportunidades de trabalho de um setor em desenvolvimento.

Além disso, durante o primeiro momento será explicado a marginalização e outros efeitos negativos, como a poluição hídrica, que acometeram as pessoas e a cidade no contexto do avanço irresponsável e insustentável do setor têxtil. Essa discussão é importante pontos relevantes para a formação cidadã dos alunos, os quais precisam compreender a complexidade social envolvida pelo setor tão relevante para a economia da região. Por outro ângulo, é igualmente importante destacar a contribuição desse setor para o avanço econômico da região, permitindo esse polo ser capaz de exportar sua mercadoria, além de atender uma parte significativa da demanda nacional. Sob essa perspectiva, o entendimento a cerca da realidade, que é relevante na proposta da contextualização do Polo de confecções do Agreste Pernambucano, dado os vieses políticos e econômicos que podem surgir, é abordado por Paulo Freire (1970) como necessidade em constituir o saber através do contexto do educando de maneira a ir na contramão da imposição, para que assim possa formar o aluno que compreenda o mundo através da descoberta.

Nesse sentido, apesar dessa proposta não ser baseada numa abordagem problematizadora, a abordagem CTSA, na qual a proposta está fundamentada, traz elementos da abordagem problematizadora como a identificação e o entendimento da realidade, o que também se repete na fundamentação do primeiro momento de Delizoicov *et al.* (2002). Portanto, na discussão coletiva, o professor, ao inserir a pauta sobre o corante índigo, se mostra relevante para a discussão inicial, pois o índigo abordado dessa forma, é tratado como objeto de estudo e elemento problematizador no tema em questão, ou seja, o índigo tem uma atuação dupla neste estudo. No que se refere a discussão em relação ao corante Índigo como objeto de estudo, ela se dá por suas propriedades químicas, por sua relevância no setor têxtil, por sua utilização no processo de tingimento. No que se refere a discussão ao corante Índigo como elemento problematizador, se dá por seu efeito danoso ao meio ambiente, quando descartado de forma indevida.

Dessa forma, a relevância em tratar o elemento problematizador, como o corante índigo, nesse primeiro momento pedagógico, é possibilitar aos alunos acesso a informação sobre a problemática real, para que seja possível observar, identificar e pensar sobre o problema, suas causas, razões e circunstâncias.

Além disso, nesta oficina, o índigo é percebido como elemento mediador do processo de aprendizagem. Essa compreensão encontra fundamento na perspectiva de Vygotsky (1978), que atribui ao signo o papel de mediador no desenvolvimento cognitivo. Ademais, o índigo não se destaca apenas como parte estrutural da sequência didática, mas também como recurso que favorece a construção do conhecimento. Portanto, seu papel mediador se manifesta tanto pela função intermediária na organização e condução da oficina, quanto por sua relevância lógica. Ou seja, compreender sua natureza e funcionamento é condição para que o indivíduo desenvolva competências e alcance níveis mais complexos de aprendizagem. Dessa forma, o uso do índigo contribui para uma interação mais elaborada e significativa com o mundo.

É importante destacar também, o que traz Vygotsky (1978), que o signo desempenha um papel fundamental na ação de aprender, pois funciona como um objeto mediador que pode ser transformado de acordo com os significados e atribuições que lhe são conferidos. Esses significados podem ser de natureza científica, o que se refere a sua composição e propriedades químicas; de natureza prática e científica, como a função de tingimento de tecidos; ou ainda simbólica quando associados às consequências sociais, econômicas e ambientais decorrentes de seu uso, seja ele responsável ou não.

Além disso, o corante índigo, nesse sentido, detém várias atribuições e é capaz de transformar o indivíduo, quando este é internalizado pelo indivíduo no processo cognitivo de aprendizagem. Esse signo, ao ser internalizado pelo indivíduo, também pode ser ressignificado à medida que novos sentidos são construídos com base em experiências e conhecimentos anteriores. Assim, o processo de internalização do conhecimento científico, prático e sociocultural também representa, de forma indireta, uma internalização cultural, como propõe Vygotsky (1978).

Nessa perspectiva, a introdução do corante índigo cumpre um papel central ao estabelecer a conexão entre o contexto cultural do polo de confecções do Agreste Pernambucano e os conceitos da Química, assumindo a função de objeto problematizador dessa relação. Durante a discussão coletiva, também inclui-se na pauta a identificação dos impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado de efluentes, como a poluição do rio Ipojuca. Além disso, são destacados aspectos como a eutrofização e a contaminação da fauna e flora aquáticas, elementos fundamentais para a discussão sobre formas de mitigação desses problemas.

Dessa forma, o primeiro momento da oficina não apenas introduz o contexto histórico, social e ambiental do polo de confecções do Agreste Pernambucano, mas também propõe uma reflexão crítica sobre os impactos positivos e negativos desse setor. Além disso, a partir da mediação do professor e da escolha do corante índigo como objeto problematizador, cria-se um elo entre o

conhecimento científico e a realidade vivida pelos estudantes, podendo favorecer a construção de significados contextualizados e culturalmente relevantes. Consequentemente, essa abordagem pode permitir que os alunos compreendam a complexa relação entre ciência, tecnologia e sociedade, ao mesmo tempo em que são provocados a pensar sobre o papel da ética, da sustentabilidade e da responsabilidade social na produção e aplicação do conhecimento.

Logo, esse primeiro momento da oficina, traz o aprofundamento da pauta ao refletir acerca de como o conhecimento científico, aliado à reflexão ética e contextual, podem contribuir para entender a complexidade da relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Assim, esse momento inicial prepara o caminho para os próximos encontros, que darão continuidade à análise crítica das questões levantadas, associadas as observações feitas durante os experimentos. . Esse contexto serve como um ponto de partida para discutir os impactos do uso do corante Índigo e a responsabilidade das atividades econômica e sociais envolvidas no processo de beneficiamento do jeans. E assim, discutir como o conhecimento científico pode ser aplicado criticamente, tendo como referência os pilares da abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).

O esquema do momento pedagógico 1 da oficina é resumido no Quadro 3 o qual aborda os conteúdos a serem tratados e as potencialidades correspondentes esperadas.

Quadro 3- Conteúdos e potencialidades esperadas do momento pedagógico1

Atividade	Cronograma	Conteúdos	Potencialidades
Exposição oral e discussão coletiva	Equipes: (1,2,3); Dia : 1º dia Duração: 3 horas	Contextualização social, econômica e ambiental do polo têxtil de Caruaru	Desenvolver a consciência crítica dos alunos sobre a realidade local e sua relação com os processos industriais
		Apresentação do corante índigo como elemento problematizador	Evidenciar o problema e promover o vínculo entre conhecimento químico e realidade vivida
		Propriedades químicas e aplicações do corante índigo	Introduzir conceitos de química orgânica e as características que conferem a cor dos compostos, de forma contextualizada
		Impactos ambientais do uso de corantes e descarte de efluentes no rio Ipojuca	Desenvolver a reflexão ética e a responsabilidade ambiental a partir de problemas reais
		Discussão coletiva sobre a	Incentivar o diálogo, o pensamento

	relevância do setor têxtil e seus impactos sociais	crítico e a capacidade de argumentação
	Utilização do elemento mediador, Indigo, como signo no processo de aprendizagem (Vygotsky, 1978)	Promover a internalização e ressignificação de conhecimentos por meio da mediação e da construção de significados
	Relação entre ciência, tecnologia sociedade e ambiente (abordagem CTSA)	Estabelecer conexões entre conhecimento científico, desenvolvimento tecnológico e <u>responsabilidade social e ambiental</u>
	Introdução à problematização com base na realidade local (Delizoicov et al., 2002; Freire, 1970)	Incentivar a compreensão crítica da realidade como ponto de partida para o desenvolvimento do conhecimento formador cidadão

Fonte: o autor (2025)

5.2 MOMENTO PEGADÓGICO 2- TINGIMENTO DO JEANS E ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICADO CORANTE ÍNDIGO: INTEGRAÇÃO DE ASPECTOS QUÍMICOS, SOCIAIS E EDUCACIONAIS.

O segundo momento, que é continuidade do encontro anterior, será realizado o experimento de tingimento do jeans e a análise de uma amostra proveniente do resíduo do tingimento, por meio da espectrofotometria de absorção na região do UV-visível. Essa atividade, permite a observação dos aspectos físico-químicos do corante índigo que possibilitam sua fixação ao tecido, além de promover reflexões acerca dos resíduos gerados durante o processo; os possíveis impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado e a eficiência de cada métodos de tingimento adotado através da análise qualitativa, ou seja, observação visual e tátil dos resultados das peças.

Essa análise será dividida em 2 etapas, análise qualitativa e quantitativa, assim, é possível contemplar as duas formas de examinar e interpretar os dados. Isto porque, a análise qualitativa pode fornecer informações sobre a natureza do corante, ou seja, identificar o tipo do corante, comparando com os dados que são descritos na literatura. Entanto que a análise quantitativa pode fornecer informações em relação a quantidade de corante presente nas amostras dos resíduos do tingimento. Logo, abranger as análises qualitativa e quantitativamente em uma prática experimental pode favorecer uma discussão mais ampla dos resultados, contribuindo para a compreensão e interpretação do que está sendo analisado, desde que a veracidade do método seja assegurada (PERRONE, 1977).

Logo, na análise qualitativa, iniciará por meio da análise do espectro de absorção, o qual será obtido a partir das medidas de absorbância em função da faixa de comprimento de onda (200-800nm), utilizada para análise da amostra. Essa análise tem como objetivo, determinar o comprimento de onda de máxima absorção da amostra analisada, e comparar como os dados da literatura, para identificar a presença do corante índigo na amostra. (SKOOG, 2008).

No caso da análise quantitativa, inicialmente, será contruída a curva de calibração, considerando o comprimento de onda máximo de absorção, e na sequência a amostra será analisada, a fim de determinar a concentração do corante índigo na mesma, considerando que a amostra obedece a lei de Lambert-Beer (SKOOG, 2008). Desta forma, será possível avaliar qual dos três métodos de tingimento produzir uma maior eficiência no processo de tingimento, ou seja, melhor aproveitamento de corante Índigo. Logo, é possível conciliar as ciências exatas com a subjetividade proveniente das ciências humanas que integram a cultura, interações sociais e comportamentos humanos, abordados nesta oficina, sendo por exemplo, os recursos sociais em sintonia mútua com a ciência e suas tecnologias.

Portanto, essa atividade experimental tem como ponto de partida os fatores físico-químicos que podem motivar o estudante a buscar entender os fenômenos que estão presentes ao tingir o algodão cru, a partir da solução e processo escolhido por cada grupo. Pois, as etapas do tingimento e beneficiamento do jeans contempla diferentes áreas da química. Por exemplo, ter conhecimento dos fenômenos quânticos, para compreender que a cor do corante índigo, é resultante das transições eletrônicas dos orbitais moleculares. E que a energia absorvida durante estas transições eletrônicas pode ser determinada por meio do espectro de absorção da molécula do índigo. Um outro exemplo, é compreender, a partir do processo de tingimento, em que há a interação física entre a molécula do índigo e o tecido, que possibilita a capitalização mais superficial e, portanto, o tingimento do algodão, dando ao jeans sua característica intrigante do desbotamento não uniforme, o que lhe configura como item de moda, a partir das “digitais” de uso de cada peça, por cada pessoa.

Além disso, outra característica importante a ser considerada no conteúdo intrínseco da prática experimental adotada, é a análise da estrutura química da molécula do índigo. Pois o conhecimento da estrutura da molécula, aliada a teoria de ligação química, levam a compreender por que o índigo tem esta cor características. Isto também pode ser explicado pela presença de grupos cromóforos, como ligações duplas $C=C$ e anéis benzênicos, responsáveis pela absorção de luz na região visível do espectro, (VOGEL, DENNEY e THOMAS, 2002). Visto que, esses grupos favorecem a formação de estruturas conjugadas nas moléculas, e, geralmente, estas estruturas são responsáveis pela coloração de vários compostos orgânicos. Desta forma, é possível compreender que a propriedade ótica, que faz com que o índigo seja utilizado para tingimento de tecido, ou seja a sua cor característica, está diretamente relacionada a estrutura química da molécula

Soma-se a isso, os fenômenos envolvidos na análise espectrofotométrica, os quais são diversos e configuram também aprendizagem e conhecimento científico durante a oficina

temática. Isso porque, durante o experimento e análise das amostras, o professor deve orientar acerca das ferramentas e tecnologias que estão utilizando, além de provocar questionamentos sobre o porquê é possível fazer análise pelo método de espectrofotometria e o que ocorre. Além da provocação, haverá um momento de socialização que traz não só a oportunidade em prestigiar o trabalho das equipes, mas também de interagir, discutir e comparar os resultados obtidos, podendo provocar um momento onde há o compartilhamento de informações e conhecimentos.

Dessa forma, Vygotsky (1978) defende que é essencial oportunizar ambientes de socialização entre os indivíduos em processo de aprendizagem. Isso porque a diversidade de habilidades e conhecimentos entre os alunos é ampla, e a interação entre eles torna-se altamente enriquecedora. Um aluno com maior facilidade em determinada habilidade pode colaborar com o aprendizado dos demais, criando o que Vygotsky (1978) denomina de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Nessa zona, os estudantes com maior domínio de um conteúdo conseguem auxiliar seus colegas, utilizando uma linguagem mais acessível e próxima da realidade dos pares, o que facilita a compreensão. Isso ocorre porque esses alunos já foram capazes de ressignificar e internalizar o conhecimento, tornando-o compatível com seu nível de entendimento, o que favorece a mediação e a aprendizagem coletiva. Essa socialização é de relevância no processo didático, uma vez que são oportunizadas as diferentes formas de compreensão sobre o assunto, os dados e resultados analisados e hipóteses, podendo fortalecer a diversidade e enriquecendo o diálogo sobre os experimentos e experiências na oficina.

Dentro dessa perspectiva de aprendizagem colaborativa, a produção de relatórios será realizada em grupos, o que poderá permitir a exploração de outras habilidades importantes, como a escrita, a organização do pensamento e a capacidade de análise técnica e científica. Assim, a dinâmica grupal também poderá gerar novas ZDPs, possibilitando que os alunos desenvolvam competências diversas por meio da troca de saberes e experiências com colegas mais experientes ou habilidosos. A geração de ZDPs pode ser observada a partir dos 2º e 3º momentos da organização nos moldes de Delizoicov. No que se refere ao 2º momento, é possível observar que durante o somatório de esforços dos alunos com a finalidade de produzirem a escrita e pensarem juntos, demandam diálogo, a argumentação e a contraargumentação entre eles, o que pode favorecer a troca de saberes.

Os relatórios elaborados, deverão conter, além da análise técnica dos dados, uma discussão reflexiva sobre todo o procedimento experimental. Essa abordagem visa aprofundar a compreensão dos fenômenos e técnicas envolvidas no processo de tingimento do tecido, especialmente os que se relacionam à natureza química do corante índigo, à análise da amostra (água + corante + aditivos) e

à aplicação do método espectrofotométrico. Conforme propõe Zabala (1998) a aprendizagem tem mais significado quando o aluno é desafiado a refletir sobre os processos vivenciados, como é o caso da atividade experimental proposta, possibilitando a interpretação e ressignificação dos conceitos conforme suas experiências. Portanto, é válido ressaltar que a discussão reflexiva solicitada por meio dos relatórios favorece, a partir da análise crítica, a síntese e a argumentação científica, o desenvolvimento e a construção de conhecimento de maneira ativa, favorecendo a formação e a aprendizagem autônoma.

Em relação ao experimento proposto, umas das atividades envolvem a identificação e a análise do corante índigo, e para isto será empregado o método de espectrofotometria. A espectrofotometria é um método de análise versátil, que o torna capaz de atuar em diversas áreas e, além disso, permite fazer análises de cunho qualitativo e quantitativo, possibilitando identificar a composição do analito (ALVES, 2015).

No contexto das atividades experimentais, destacam-se duas potencialidades para a aprendizagem: os fenômenos naturais observados durante a análise e as técnicas utilizadas. No que se refere aos fenômenos, a análise por espectrofotometria pode favorecer o desenvolvimento da compreensão dos alunos acerca da mecânica quântica. No campo teórico, a mecânica quântica se expressa através do estudo da espectroscopia molecular, que se destaca como um domínio dinâmico que investiga as interações entre luz e moléculas, revelando informações essenciais sobre estrutura, composição e dinâmica dos materiais. Seu princípio central é a capacidade de identificar assinaturas espectrais únicas para diferentes compostos, funcionando como uma “impressão digital molecular”. Tal método facilita a análise de sistemas químicos complexos, permitindo inferências sobre geometria molecular e forças intermoleculares (SKOOG, 2008).

Além disso, no que se refere às técnicas, espera-se que os alunos ampliem seu entendimento sobre a relação entre os dados obtidos pelo espectrofotômetro e a construção da curva de absorção, utilizada para determinar o comprimento de onda ideal para a análise. Essa curva é obtida ao submeter o analito a um intervalo de comprimentos de onda e verificar o ponto de maior absorbância, o que caracteriza seu espectro específico. Dessa forma, é possível identificar qualitativamente a substância presente, a partir de sua máxima absorção (SKOOG, 2008).

A etapa quantitativa envolve a construção da curva de calibração, a partir dos valores de absorbância convertidos em dados numéricos pelo equipamento e relacionados às concentrações conhecidas das amostras. Com esses dados, plotados constrói-se um gráfico, fazendo-se em seguida, o ajuste para uma equação linear por meio do método dos mínimos quadrados, fundamentado em

duas premissas: (i) a relação linear entre absorvância e concentração ($y = mx + b$) e (ii) a exclusão de pontos que se desviem significativamente da reta. Assim, torna-se possível estimar com precisão a concentração desconhecida de um analito (SKOOG, 2008).

A relação entre absorvância e concentração é descrita pela Lei de Beer-Lambert (Equação 1), em que “a” é a constante de absorvidade molar, “ P_0 ” e “P” representam, respectivamente, a potência da luz transmitida pelo branco (solvente) e pela solução do analito (SKOOG, 2008).

Equação 1

$$A = \log\left(\frac{P_0}{P}\right) = abc$$

Fonte: livro Skoog, 2008

Portanto, a experimentação, além de desenvolver competências técnicas, é ferramenta essencial para aprofundar discussões teóricas e ampliar a compreensão do tema. Segundo Gouvêa e Machado (2005) e Wartha e Alário (2005), inserir o aluno em práticas experimentais desperta o interesse por questões sociais e ambientais relevantes, contribuindo para sua formação crítica. Nessa perspectiva, Chassot et al. (1993) reforçam que a experimentação, quando articulada com a realidade do estudante, favorece tanto a aprendizagem quanto a formação cidadã.

Abaixo, no Quadro 4 é possível verificar os conteúdos abordados, as atividades e potencialidades correspondentes do momento pedagógico 2.

Quadro 4- Conteúdos e potencialidades esperadas do momento pedagógico2

Atividade	Cronograma	Conteúdos e/ou Atividades	Potencialidades Correspondentes
Experimento	Etapa 2: Equipe 1 – dia 02 Equipe 2 – dia 03 Equipe 3 – dia 04 Tempo: 4 horas	Realização do experimento de tingimento com corante índigo e coleta de amostra para análise espectrofotométrica; Aplicação do método de espectrofotometria (análise qualitativa e quantitativa); construção das curvas de absorção e de calibração	Explorar os fenômenos químicos envolvidos no tingimento e na composição da amostra; Compreensão de princípios físico-químicos (espectros de absorção, Lei de Beer-Lambert, relação entre concentração e absorbância); integração teoria-prática
Elaboração de Relatório Socialização da Atividade	Etapa 2: Prazo de 1 semana a partir do dia 04, para elaboração e entrega de relatório e síntese. Todas as equipes - encontro virtual-via google meet – no mesmo dia de entrega do relatório. Tempo: 3 horas	• Produção coletiva de relatório técnico-reflexivo com análise dos dados, interpretação dos fenômenos e discussão crítica • Apresentação, comparação e discussão dos resultados entre os grupos	Desenvolvimento da escrita científica, da capacidade de argumentação e da autonomia intelectual; ressignificação de conceitos conforme Zabala (1988) e Gouvêa e Machado (2005). Estímulo à comunicação científica, ao trabalho em equipe e à formação da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), conforme Vygotsky (1978)

Fonte: o autor (2025)

5.3 MOMENTO PEDAGÓGICO 3- PROTAGONISMO E INTERVENÇÃO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E INTERVENÇÃO CRÍTICA NO CONTEXTO DO POLO TÊXTIL DO AGRESTE PERNAMBUCANO

O Momento pedagógico 3 inicia-se na etapa 3, e tem como principal objetivo proporcionar aos alunos a oportunidade de criar soluções e aplicar os conhecimentos internalizados, ao elaborar experimentos e, por fim, apresentá-los. Dessa maneira, a elaboração dos experimentos ocorrerá durante o contraturno do curso, no laboratório da Universidade, com o prazo de uma semana, a contar do último encontro virtual. Essa atividade é estruturada segundo os eixos de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), tendo como contexto a utilização do corante índigo no polo têxtil do Agreste Pernambuco.

Ainda organizados em equipes, os alunos deverão, a partir da reflexão sobre o diálogo coletivo do 1º momento e da experimentação, análise técnica e compreensão do que foi discutido cientificamente durante o 2º momento pedagógico, apresentar propostas de experimentos com possíveis soluções para as problemáticas direcionadas pelo professor e que puderam ser identificadas durante a realização das atividades práticas. Essas propostas deverão ser baseadas nos dados coletados e analisados pelos próprios alunos. Por fim, os experimentos podem ser realizados em laboratório ou apresentados por meio de vídeos, acompanhados de uma explicação clara do procedimento experimental.

Nesse 3º momento pedagógico, organizado por Delizoicov, é possível observar que há novas ZDPs oportunizadas durante a interação entre os alunos para a construção em conjunto de uma solução para as problemáticas observadas pelos alunos e direcionadas pelo professor, por exemplo a ineficiência do tingimento do jeans com corante Indigo ou necessidade de outras alternativas ou melhorar a técnica de tratamento da água. Essa atividade, requer uma construção coletiva de soluções para a problemática local, constituindo um elemento enriquecedor do terceiro momento pedagógico. Esse processo, desenvolvido em conjunto entre os alunos, favorece a formação cognitiva dos estudantes, uma vez que as (ZDPs) permitem que o ensino e a aprendizagem sejam adaptados à linguagem e ao contexto sociocultural dos discentes, (VYGOTSKY, 1978). Além disso, essa atividade direciona-se paralelamente ao que traz Freire (1970) sobre promover a socialização e a troca de saberes, configura-se não apenas como um recurso de enriquecimento pedagógico, mas também como uma oportunidade de protagonismo estudantil e de intervenção transformadora diante da realidade vivida.

Com isso, a proposta da oficina, no momento 3, poderá permitir não apenas a compreensão dos processos químicos inseridos no contexto regional, mas também o uso desse conhecimento como instrumento de reflexão crítica e intervenção diante de problemas reais. Além disso, a atividade de apresentar soluções fundamentadas em princípios científicos, a partir de situações simuladas em laboratório vinculada aos procedimentos experimentais e a contextualização CTSA, fortalece a formação técnica dos licenciandos, ao mesmo tempo em que valoriza dimensões muitas vezes negligenciadas na formação docente: a científica, o social, a econômica e a cultural, todas essenciais à realidade do Agreste Pernambucano e fundamentais para serem levadas à sala de aula. Portanto, ela reforça a agência social dos estudantes, pois esta atividade pode oportunizar aos estudantes a ação e o protagonismo na aprendizagem, podendo torna-los não apenas observadores ou analisadores da realidade, mas sujeitos ativos que podem propor transformações (FREIRE, 1970). Além disso, Freire

(1970) mostra que a aprendizagem crítica deve culminar em intervenção prática, muito parecido com o é proposta nesta oficina, ao possibilitar estimular soluções para a realidade local no terceiro momento.

Portanto, é fundamental que as escolas estejam atentas aos aspectos locais para promover um ensino mais contextualizado e alinhado às necessidades da comunidade, o que se alinha também ao que traz Freire (1970) sobre a liberdade da pedagogia ao deixar de ser “do oprimido” e passar a ser dos que participam da libertação relacionada à autonomia e protagonismo, como pode ser observado na proposta do terceiro momento em não apenas recebem a informação ou técnica, mas os discentes também criam e propõem transformação

Dessa forma, a oficina apresenta-se como uma contraposição ao ciclo vicioso presente no sistema educacional, o qual, com frequência, privilegia exclusivamente a aplicação técnica do conhecimento, deixando em segundo plano a reflexão crítica e o papel social do professor. Nesse sentido, conforme observa Magalhães (2019), tal postura acaba por reforçar uma formação docente de caráter predominantemente tecnicista, subordinada às demandas do mercado capitalista, em vez de direcionada à promoção da transformação social. Nesse contexto, a atividade proposta aos alunos, sintetizada no Quadro 5, contempla os conteúdos e os critérios correspondentes a essa etapa, que se refere ao 3º momento pedagógico.

Quadro 5 - Conteúdos e critérios aplicados à atividade proposta no Momento 3

Atividade	Cronograma	Conteúdos	Crítérios
Elaboração dos experimentos (propostas) Apresentação das propostas	Etapa 3: Todas as equipes Prazo de 1 semana a partir do encontro virtual com as equipes	- Contextualização CTSA - Cálculos	- Elaboração de experimentos a partir de problemáticas reais ligadas à indústria têxtil de Caruaru, promovendo a integração entre ciência, tecnologia e sociedade, e incentivando a reflexão crítica sobre os impactos sociais e ambientais. - Integração de dados experimentais e análise quantitativa (como concentração de corante residual, intensidade de cor via espectrofotometria), aplicados na elaboração de soluções práticas para os problemas simulados.

Fonte: O autor (2025)

Por fim, o quadro 6, resume as principais informações a cerca dos Momentos Pedagógicos da oficina em conjunto com os objetivos e os respectivos conteúdos abordados durante a mesma, assim como suas potencialidades didáticas esperadas.

Quadro 6– Organização dos Três Momentos da Oficina Temática: “Corante Índigo e o Polo Têxtil do Agreste Pernambucano”

Momento Pedagógico	Objetivos Principais	Conteúdos Trabalhados	Potencialidades Didáticas (CTSA)
Momento 1 – Problematização	Despertar o interesse e mobilizar saberes prévios dos alunos a partir da realidade local, explorando a problemática do uso de corantes na indústria têxtil de Caruaru.	Introdução ao corante índigo, impactos ambientais da indústria têxtil, diálogo coletivo sobre práticas e resíduos gerados na produção local.	Estímulo à percepção crítica da realidade regional; desenvolvimento de consciência ambiental e social; articulação inicial entre saber científico e cotidiano.
Momento 2 – Organização do Conhecimento	Desenvolver habilidades técnicas e científicas a partir da experimentação, análise qualitativa e quantitativa do tingimento com índigo e seus resíduos.	Reações de oxirredução, espectrofotometria, preparação e análise de soluções (índigo, aditivos, água residual), zona de desenvolvimento proximal (ZDP) por meio do trabalho em grupo.	Aplicação de conhecimentos científicos em contexto real; promoção da colaboração entre pares; valorização do conhecimento coletivo; fortalecimento da compreensão técnica através da vivência prática com base em dados concretos.
Momento 3 – Aplicação do Conhecimento e Intervenção Crítica	Propor soluções baseadas em ciência para problemas observados, desenvolvendo propostas pedagógicas com foco na integração entre ciência e sociedade.	Proposição de experimentos alternativos, elaboração de vídeos das demonstrações experimentais.	Consolidação da articulação CTSA; formação crítica e técnica do licenciando;

Fonte: o autor (2025)

O quadro apresentado evidencia que a oficina pode promover uma integração entre conteúdos químicos e problemáticas reais, permitindo que o ensino de Química assumisse um caráter crítico, contextualizado e transformador. Ao longo dos três momentos, é possível os participantes serem instigados a observar, compreender e intervir em sua realidade, demonstrando que a proposta didática

não se limita ao domínio conceitual, mas se estende à formação cidadã e ao desenvolvimento de uma postura ativa frente aos desafios sociais e ambientais da contemporaneidade.

Dessa maneira, abrange-se a temática da oficina, pois discutir sobre como o conhecimento científico, aliado à reflexão ética e contextual, podem contribuir para entender a complexidade da relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Em conclusão, também refletir sobre as consequências positivas e os desafios dessa integração, assim como os desafios que ela impõe para práticas sustentáveis e responsáveis no setor econômico que é tão importante para a região.

6.CONCLUSÃO

Em vista do exposto, acredita-se que a proposta desta oficina temática possa se configurar como uma estratégia potencial para articular conceitos químicos à realidade local, podendo promover reflexões que ultrapassem o domínio técnico e alcancem dimensões sociais, econômicas e ambientais. A abordagem baseada nos três momentos pedagógicos, ao possibilitar a problematização do uso do corante índigo no polo têxtil do Agreste Pernambucano, pode criar condições para que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais ampla sobre a inter-relação entre ciências, tecnologia, sociedade e ambiente e possibilite a integração entre teoria, prática experimental e reflexão contextual, podendo contribuir para a formação de profissionais preparados pra desenvolver e aplicar a ciência em prol da sociedade em seu campo de atuação educacional.

Espera-se, portanto, que o percurso metodológico sugerido contribua para fomentar o pensamento crítico, incentivar a proposição de soluções para problemas reais e favorecer a formação de uma postura cidadã mais consciente diante de desafios ambientais e produtivos da indústria têxtil. Dessa forma, ainda que se trate de uma proposta de caráter teórico, vislumbra-se a possibilidade de que experiências dessa natureza possam inspirar práticas educativas transformadoras, capazes de integrar saberes científicos e compromissos éticos em prol de um desenvolvimento mais sustentável e socialmente responsável.

REFERÊNCIAS

ADEPE. Governo de Pernambuco anuncia investimento de R\$ 100 milhões em nova indústria têxtil no interior. Recife, 2019. Disponível em: <https://www.adepe.pe.gov.br/governo-de-pernambuco-anuncia-investimento-de-r-100-milhoes-em-nova-industria-textil-no-interior/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2025.

ADEPE. Setores econômicos de Pernambuco. 2025. Disponível em: <https://www.adepe.pe.gov.br/invista-em-pernambuco/setores-economicos/>. Acesso em: 31 de Janeiro de 2025

ALVES DA SILVA FILHO, Antônio Romão; DUARTE, Armando Dias; SINESIO, Emerson Philipe; SILVA, Gilson Lima da; PESSÔA, Sávia Gavazza dos Santos. Classificação, caracterização e diagnóstico das lavanderias de beneficiamento de jeans na cidade de Caruaru-PE, no Agreste Pernambucano. *Research, Society and Development*, v. 10, p. e57810112186, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12186>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2025.

ALVES, Sílvia Ferreira Costa Antunes. Calibração de filtros de fator de transmissão regular em espectrofotometria. 2015. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

ANLIKER, Rudolf. Ecotoxicology and environmental safety. *Chemical Abstracts*, v. 1, p. 211, 1978. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Hn6J5zNqDxVJwX495d4fnLL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2025

APAC. Bacia do Rio Ipojuca. 2025. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-ipojuca/165-bacias-hidrograficas-rio-ipojuca/196-bacia-do-rio-ipojuca>. Acesso em: 22 de Fevereiro de 2025

APAC. Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco (2011-2012). 2011. Disponível em: <https://www.lai.pe.gov.br/apac/wp-content/uploads/sites/9/2019/03/Relatório-de-situação-de-recursos-hídricos-do-Estado-de-Pernambuco-APAC-2011-2012.pdf>. Acesso em: 06 de Janeiro de 2025.

ARAUJO, Henrique Nascimento de; ISQUIBOLA, Guilherme; RODRIGUES, Emanuel Carlos. Estudo da degradação do corante índigo blue por meio de diferentes processos oxidativos avançados. *Ciências Exatas e da Terra - Química - Química Inorgânica - Fotoquímica Inorgânica*, 1.06.02.05-4 (Química).

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. *Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

AULER, Décio. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS): modalidades, problemas e perspectivas em sua implementação no ensino de Física. In: *ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 6., 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Física,

1998. p. 268–271.

BAEYER, Adolf von. To the history of the indigo synthesis. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 33, p. 701–707, 1900.

BECHTOLD, Thomas; MUSSAK, Rainer. *Handbook of Natural Colorants*. Chichester: Wiley, 2009.

BORBA, Felipe Henrique; MÓDENES, Nelson Antônio; SOTTORIVA, Paulo Ricardo Silva. Tratamento do efluente madeireiro por processo foto-Fenton. *Estudos Tecnológicos*, v. 4, n. 1, p. 12–20, jan./abr. 2008. Disponível em: https://revistas.unisinis.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/download/5488/2723/17208. Acesso em: 16 de julho de 2025.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023:2007 - Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BRASIL. MEC. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Portal MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 22 de Dezembro 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de mar. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de mai. 2011.

BRITO, Georgya Almeida. Sustentabilidade: um desafio para as lavanderias industriais. *Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica, REDIGE, SENAI*, v. 02, ago. 2013.
CARUARU. História de Caruaru. 2025. Disponível em: <https://caruaru.pe.gov.br/historia/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

CARVALHO, Wilson Luiz Pereira; MARTINS, José. Elementos históricos: ciência-sociedade-governo no Brasil. In: NARDI, Regina (Org.). *Pesquisas em Ensino de Física*. São Paulo: Escrituras Editora, Série Educação para a Ciência, n. 1, 1998. p. 139-152.

CAVALCANTI, Francisco Miguel de; LYRA, Maria Rita Côrte C.; OLIVEIRA, Eduardo José Alves; SILVA, Ricardo Farias. Considerações sobre o uso e o descarte da água em lavanderias têxteis industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 2., 2014, Anais... Congestas, 2014. p. 389-394.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010: resultados do universo. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 de março de 2025.

CERVANTES-NAVARRO, Francisco; GLOSSMAN-MITNIK, Daniel. Density functional theory study of indigo and its derivatives as photosensitizers for dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v. 255, p. 24-26, 2013.

CHASSOT, Attico Inácio; SCHROEDER, Edni Oscar; DEL PINO, José Cláudio; SALGADO, Tânia Denise Miskinis; KRÜGER, Verno. Química do cotidiano: pressupostos teóricos para a elaboração de material didático alternativo. *Espaços da Escola*, n. 10, p. 47-53, 1993. CHASSOT, A. I. et al. Química do Cotidiano: Pressupostos teóricos para a elaboração de material didático alternativo. *Espaços da Escola*, n. 10, p. 47-53, 1993.

COSTA, José de Lima. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do rio Ipojuca. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2018.

DE MORAES RÊGO, Isabela Mendes; DE MENEZES FREITAS, Patricia Antonio. Estudo da caracterização química do efluente gerado pelo enxágue de tecido de algodão tingido com o corante Indigo Blue (2, 2'-bis (2, 3-diidro-3-oxoindolilideno)). 2013.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DENNEY, Robert Charles; MENDHAM, Joseph; THOMAS, Michael John Kenneth; BARNES, John David. Vogel: Análise Química Quantitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

FERREIRA, Edna Lucia. Corantes naturais da flora brasileira: guia prático de tingimento com plantas. Curitiba: Optagraf Editora e Gráfica, 1998.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 1970. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1uPbpmtueOkGd6mmUVZkKk5qF5vcC8_RA/view. Acesso em: 22 de Fevereiro de 2025

FREITAS, Luiz Carlos de. Escolas aprisionadas em uma democracia aprisionada: anotações para uma resistência propositiva. *Revista HISTEDBR On-line*, Campinas, v. 18, n. 1.4 [78], p. 906-926, out./dez. 2018. DOI: 10.20396/rho.v18i4.8654333. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/download/8654333/19019>. Acesso em: 25 de Fevereiro de 2025.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999.

GONDIM, Rosana. Caracterização das águas e efluentes em lavanderias de jeans no Agreste pernambucano. 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5169>. Acesso em: 3 de Janeiro de 2025.

GOUVÊA, Leonardo R.; MACHADO, Antônio H. Trilhando caminhos para compreender a contextualização no ensino de Química. 2005. Monografia (Graduação em Química Licenciatura) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

HARPER'S BAZAAR. O jeans comemora 150 anos: relembre a sua história e melhores momentos. Disponível em: <https://harpersbazaar.uol.com.br/moda/o-jeans-comemora-150-anos-relembre-a-sua-historia-e-melhores-momentos/#:~:text=Foi%20só%20em%201872%2C%20quando,costuras%20das%20calças%20com%20rebites>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2025.

HASSEMER, Maria Elisa Nunes; DALSAÑO, Ricardo Luiz; SENS, Márcia Lúcia. Processo físico-químico para indústria têxtil. *Revista Saneamento Ambiental*, n. 81, p. 28-34, outubro. 2001.

HOSSAIN, Md. Delwar; KHAN, Md. Mahbub; UDDIN, Md. Zakir. Fastness properties and color analysis of natural indigo dye and compatibility study of different natural reducing agents. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 25, n. 4, p. 1219-1230, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-016-0900-6>. Acesso em: 6 de Fevereiro de 2025.

HOSSAIN, Md. Delwar; KHAN, Md. Mashiur; UDDIN, Md. Zulhash. Fastness properties and color analysis of natural indigo dye and compatibility study of different natural reducing agents. *Journal of Polymers and Environment*, v. 25, n. 4, p. 1219-1230, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-016-0900-6>. Acesso em: 06 de Fevereiro de 2025.

HSU, Tammy Mei; WELNER, Ditte Helene; RUSS, Zachary Nathan; CERVANTES, Bernardo; PRATHURI, Ramya Lakshmi; ADAMS, Paul David; DUEBER, John Edward. Employing a biochemical protecting group for a sustainable indigo dyeing strategy. *Nature Chemical Biology*, v. 14, n. 3, p. 256–261, mar. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nchembio.2552>. Acesso em: 6 de Fevereiro de 2025.

HSU, Tammy Mei; WELNER, Ditte Helene; RUSS, Zachary Nathan; CERVANTES, Bernardo; PRATHURI, Ramya Lakshmi; ADAMS, Paul David; DUEBER, John Edward. Employing a biochemical protecting group for a sustainable indigo dyeing strategy. *Nature Chemical Biology*, v. 14, n. 3, p. 256–261, 2018.

INEP. Apresentação do Censo da Educação Superior 2022. 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2022/apresentacao_censo_da_educacao_superior_2022.pdf. Acesso em: 06 de Fevereiro de 2025.

IRIMIA-VLADU, Mihai; GŁOWACKI, Eric D.; TROSHIN, Pavel A.; SCHWABEGGER, Günther; LEONAT, Lucia; SUSAROVA, Diana K.; KRYSTAL, Olga; ULLAH, Mujeeb; KANBUR, Yasin; BODEA, Marius A.; RAZUMOV, Vladimir F.; SITTER, Helmut; BAUER, Siegfried; SARICIFTCI, Niyazi Serdar. Indigo: A natural pigment for high performance ambipolar organic field-effect transistors and circuits. *Advanced Materials*, v. 24, n. 3, p. 375–380, 2012.

JOHNSTONE, Alexander Hugh. You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 1, p. 22–29, 2009.

LEAL, Simone das Graças; BORGES, Maria Célia; RIBEIRO, Betânia de Oliveira Laterza. Discussão sobre formação de professores, inicial e continuada e a relação com a nova BNCC. 2019. Disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1uPbpmtueOkGd6mmUVZkKk5qF5vcC8_RA/view. Acesso em: 4 de Janeiro de 2025.

LEITE, Ana Elisa de Brito. Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA. 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2004.

LUCKESI, Cipriano Carlos. *Pedagogia do exame*. Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições, Editora Cortez, 22.ed, São Paulo, 2011.

MAGALHÃES, Solange Martins Oliveira. *Formação continuada de professores: uma análise epistemológica das concepções postas no Plano Nacional da Educação (PNE 2014-2024) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC 2015)*. Revista Linhas, Florianópolis, v. 20, p. 184-204, maio/ago. 2019. Disponível em:

<http://www.revistas.udesc.br/index.php/linhas/article/view/1984723820432019184>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2025

MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Proposições metodológicas para o ensino de Química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. Revista em Extensão, Uberlândia, v. 7, 2008.

MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; SILVA, Dayse Pereira da; LOPES, Erivanildo da Silva; TORRALBO, Daniele; AKAHOSHI, Luciane Hiromi; CARMO, Miriam Possar do; SUART, Rita de Cássia; MARTORANO, Simone Alves Assis; SOUZA, Fábio Luiz de. Oficinas temáticas no ensino público: formação continuada de professores. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007.

MARTINS, Gabriela Bezerra de Carvalho; SUCUPIRA, Raphael Ribeiro; SUAREZ, Paulo Artaxo Zuccolotto. A Química e as Cores. Revista Virtual de Química, Niterói, v. 7, n. 4, p. 1508-1534, 2015. Disponível em: <http://www.uff.br/rvq>. Acesso em: 10 de Agosto de 2025.

MELO, Mário Lacerda de. *Os agrestes*. Recife: SUDENE, 1980.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MONAHAN, Anthony Robert; KUDER, John Edward. Spectroscopic differences between crystalline and amorphous phases of indigo. The Journal of Organic Chemistry, v. 37, n. 25, p. 4182–4184, 1972.

NORAT, Markus Samuel Leite. A legislação educacional contemporânea: impactos, desafios e perspectivas da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Cognitio Juris, v. 15, n. 58, 12 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://cognitiojuris.com.br/a-legislacao-educacional-contemporanea-impactos-desafios-e-perspectivas-da-lei-de-diretrizes-e-bases-da-educacao-nacional-ldb/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2025.

PASCHOAL, Fabiana Maria Monteiro; TREMILIOSI-FILHO, Germano. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais. Química

Nova, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 766-772, outubro 2005. Disponível em: <https://repositorio2.utfpr.edu.br/srv-riut-s01/api/core/bitstreams/3b81a8ec-a6b0-425c-8d4f-8a661a9b73d2/content>. Acesso em: 14 de 2025.

PASCHOAL, Francisco Marcos de Melo; TREMILIOSE-FILHO, Gilberto. Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante Indigo Blue a partir de efluentes industriais. *Química Nova*, v. 28, 2005.

PEREIRA, Paulo David Martins; PONTES, Willian de Oliveira; SILVA, Anailza Cristina Galdino da; SILVA, Mônica D'angelo Farias da. Análise físico-química do rio Ipojuca e dos efluentes lançados pelas lavanderias e tinturarias do município de Caruaru: uma visão sustentável. *Physical-chemical analysis of the Ipojuca river and the effluents released by laundries and dry cleaners in the county of Caruaru: a sustainable vision*. Revista Biomas, 2023.

PERRONE, Luigi. Metodi Quantitativi della Ricerca Sociale. Milão: Feltrinelli, 1977.
SACHS, Ignacy. Brasil e os riscos da modernidade. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 119, p. 12-14, abr. 1996.

SAIKHAO, Laksanawadee; SETTHAYANOND, Jantip; KARPKIRD, Thitinun; SUWANRUJI, Potjanart. Comparison of sodium dithionite and glucose as a reducing agent for natural indigo dyeing on cotton fabrics. *MATEC Web of Conferences*, v. 108, n. 03001, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710803001>. Acesso em: 14 de Agosto de 2025.

SAIKHAO, Laksanawadee; SETTHAYANOND, Jantip; KARPKIRD, Thitinun; BECHTOLD, Thomas. Green reducing agents for indigo dyeing on cotton fabrics. *Journal of Cleaner Production*, v. 197, p. 106-113, 2018.

SAKTHIVEL, Venkatachalam. Traditional indigo dyeing. In: NATIONAL WORKSHOP AND SEMINAR ON VEGETABLE DYE AND ITS APPLICATION ON TEXTILES, 2011, Birbhum. National Workshop and Seminar on Vegetable Dye and Its Application on Textiles. Book of Abstracts. Birbhum: Department of Silpa-Sadana, Visva-Bharati, 2011. p. 74-78.
SANT'ANHA, Vanya Mundin. São Paulo: Edições Símbolo, 1978. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/jxJ4ch9yMmJKG3zqh7cyMkb/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 08 de Fevereiro de 2025

SANTOS, Edilson Oliveira. Caracterização, Biodegradabilidade e Tratabilidade do Efluente de uma Lavanderia Industrial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2000.

SANTOS, Wilson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Ricardo Prado. Educação em Química: compromisso com a cidadania. 2. ed. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.

SANTOS, Wilson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Ricardo Prado. Função Social: o que significa ensino de química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-34, nov. 1996.

SEBRAE. Estudo econômico do APL de Confecções do Agreste. 07 mai. 2013. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Estudo%20Economico%20do%20APL%20de%20Confeccoes%20do%20Agreste%20-%202007%20de%20MAIO%202013%20%20docx.pdf>. Acesso em: 21 de Fevereiro de 2025.

SILVA, Edson. A evolução histórica e econômica do Brasil: uma análise crítica. 2013. Disponível em: https://www.snh2013.anpuh.org/resources/anais/27/1375903916_ARQUIVO_edson.pdf. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2025

SILVA, Ivan Teodoro. O Resgate do Uso de Técnicas de Tingimento Natural em Produtos de Moda Visando a Minimização de Impactos Ambientais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11465/1/AP_CODEM_2014_2_16.pdf. Acesso em: 01 de fevereiro de 2025.

SKOOG, Douglas Aaron; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James; COUCH, Stanley R. Fundamentos de Química Analítica. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SOBRINHO, Vasconcelos. *As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização*. Recife: Condepe, 2005.

SOUZA, Sebastião Esteves. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da Universidade Estadual de Maringá. Anais [...]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007.

SPERLING, Volney Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

STEIGRUBER, Ernst. Indigo and indigo colorants. In: ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY. 6. ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000.

THIOLLENT, Michel. Metodologia da Pesquisa-Ação. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1986.

THOMANN, Roland V.; MUELLER, James A. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. New York: Harper & Row, 1987.

TICHA, Mohamed Ben; MESKI, Najib; DRIRA, Nabil; KECHIDA, Mustapha; MHENNI, Mohamed F. A promising route to dye cotton by indigo with an ecological exhaustion process: a dyeing process optimization based on a response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, v. 46, p. 350-358, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669013000897>. Acesso em: 14 fev. 2025.

UL-ISLAM, Shahid. Plant-based natural products: derivatives and applications. United States: Scrivener, 2017.

UNESCO. Global Education Monitoring Report: Migration, displacement and education – Building bridges, not walls. Paris: UNESCO Publishing, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Centro de Atendimento ao Estudante (CAA). 2025. Disponível em: <https://www.ufpe.br/caa#:~:text=Sobre%20o%20CAA-,O%20CAA,do%20Polo%20Comercial%20de%20Caruaru>. Acesso em: 11 fev. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO. Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Química, 2019. Disponível em: <http://www.lq.ufrpe.br/sites/lq.ufrpe.br/files/PPC%20Qu%C3%ADmica%20novo.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

VIEIRA, Inácio Ferreira Barbosa. O comportamento da qualidade da água do Rio Ipojuca ao longo da cidade de Caruaru-Pernambuco. Monografia – Caruaru: Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico, 2015.

VIGOTSKY, Lev Semyonovich. A formação social da mente: o desenvolvimento social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VON SPERLING, Márcio. Eutrofização dos corpos d'água. 1996. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fisicaequimica/relacaododocentes973/eutrofizacao-dos-corpos-d-agua.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2024.

WARTHA, E. José; ALÁRIO, Ana Flávia. A contextualização no ensino de química através do livro didático. Revista Química Nova na Escola, n. 22, 2005.

YAO, Min; LIU, Jian; WANG, Qiang; ZHANG, Rui. Indigo dye as a positive-electrode material for rechargeable lithium batteries. Chemistry Letters, v. 39, n. 9, p. 950-952, 2010.

YUSSUF, Muhammad; SHABBIR, Muhammad; MOHAMMAD, Farooq. Natural colorants: historical, processing and sustainable prospects. Natural Products and Bioprospect, v. 7, n. 1, p. 123-145, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28093670>. Acesso em: 06 fev. 2025.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.