

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA

GABRIEL ALMEIDA MENDONÇA DA SILVA

ÍNDIGO E OS 150 ANOS DA CALÇA JEANS: uma proposta de atividade experimental
contextualizada para a graduação

RIO DE JANEIRO

2023

Gabriel Almeida Mendonça da Silva

ÍNDIGO E OS 150 ANOS DA CALÇA JEANS: uma proposta de atividade experimental
contextualizada para a graduação

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. DSc. José Celestino de Barros Neto
Coorientadora: Prof.^a MSc. Luíza Melo de Aguiar Lira

RIO DE JANEIRO

2023

CIP - Catalogação na Publicação

S586? Silva, Gabriel Almeida Mendonça da
ÍNDIGO E OS 150 ANOS DA CALÇA JEANS: uma
proposta de atividade experimental contextualizada
para a graduação / Gabriel Almeida Mendonça da Silva.
-- Rio de Janeiro, 2023.
102 f.

Orientador: José Celestino de Barros Neto.
Coorientadora: Luíza Melo de Aguiar Lira.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto
de Química, Licenciado em Química, 2023.

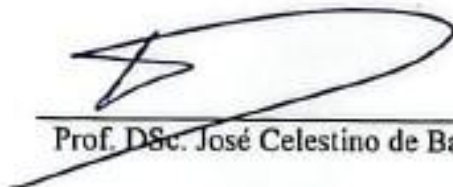
1. História da Ciência. 2. Índigo. 3. Graduação.
4. Material didático. I. Barros Neto, José
Celestino de, orient. II. Lira, Luíza Melo de
Aguiar, coorient. III. Título.

GABRIEL ALMEIDA MENDONÇA DA SILVA

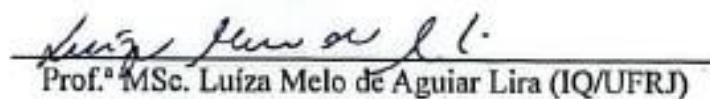
**ÍNDIGO E OS 150 ANOS DA CALÇA JEANS: uma proposta de atividade experimental
contextualizada para a graduação**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no
Instituto de Química da Universidade Federal do Rio
de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Aprovado em: 05 / 12 / 23



Prof. DSc. José Celestino de Barros Neto (IQ/UFRJ)



Prof.ª MSc. Luíza Melo de Aguiar Lira (IQ/UFRJ)



Prof. DSc. Daniel Lima Marques de Aguiar (EBA/UFRJ)



Prof. DSc. Ricardo Cunha Michel (IQ/UFRJ)



Prof.ª MSc. Stephanie Di Chiara Salgado (IFRJ-Campus Niterói)

AGRADECIMENTOS

Neste espaço, gostaria de agradecer a minha família, primeiramente aos meus pais que foram o pilar para a minha formação pessoal e acadêmica. Seus conselhos, ensinamentos e seu suporte foram a base para a minha construção. Em segundo lugar, agradeço ao meu irmão por todo apoio e por ele ter sido meu apoio na decisão de cursar a graduação na UFRJ, sendo, conseqüentemente, parte influente em toda essa trajetória.

Aos professores Raoni Gonçalves, José Barros e Luiza Aguiar, expresso aqui a minha profunda gratidão por todos esses anos de mentoria, amizade e ensinamentos. Pessoas com extremo profissionalismo e educadores formidáveis, contribuíram muito para o meu desenvolvimento.

Agradeço a banca avaliadora pelas valiosas contribuições, correções e questionamentos primorosos que permitiram o enriquecimento do trabalho.

Aos alunos que participaram das atividades e pesquisa que compõe o resultado deste trabalho, em especial a turma de Licenciatura em Química.

Aos amigos que fiz no Laboratório de Catálise e Síntese Orgânica (LACASO), em especial a Fernanda Maia, Ana Carolina de Oliveira, Marcos Aurélio, Hugo Bragueroli e Adriana Marques, pelos momentos de alívio trabalhando com a síntese orgânica, algo que amos tanto.

Aos meus amigos de graduação, gostaria de afirmar que foram de extrema importância em cada etapa, cada aprovação, cada conquista durante esse trajeto, tudo isso só foi possível por tê-los dividindo a carga comigo, em especial: Hugo Vieira, Ana Luiza Barboza e Luiz Octávio.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação na UFRJ, com um carinho especial para Marciela Scarpellini, Camilo Lima e Roberto Amado. Professores sempre tão solícitos e preocupados com a formação de seus alunos.

Ao Leandro Sodré e Hugo Paul Collin, amigos queridos que, com muita paciência, me orientaram no processo de pesquisa acadêmica, dividiram risadas e dificuldades, mas nunca deixaram de estar presentes. Sem sombra de dúvidas foi uma imensa sorte poder trabalhar ao lado deles.

Por fim, aos meus amigos da vida, Douglas Almeida, Douglas Armindo, Eduardo Sampaio, Emanuelle Alvarenga, Maria Eduarda Ferreira e Marcela Passos, pelo crescimento e todos os momentos divididos com carinho.

Dedico esse trabalho para todos que fizeram parte da minha trajetória, família, professores, orientadores e amigos. Em especial, ao meu sobrinho Hugo Buentes.

RESUMO

SILVA, Gabriel Almeida Mendonça, Índigo e os 150 anos da calça jeans: uma proposta de atividade experimental contextualizada para a graduação. Monografia (Licenciatura em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O ensino tradicional da Química continua a ser parte do cenário educacional de graduação, caracterizando-se pela ênfase na memorização, na transmissão de conceitos complexos e regras, resultando em um ensino relativamente carente de análise crítica. Uma alternativa para abordar essa questão é a adoção de métodos que estimulem uma análise crítica da Ciência e de seu processo de construção, sendo a História da Ciência (HC) uma abordagem viável para diversificar o ensino. Com isso em mente, este trabalho descreve o desenvolvimento de uma atividade experimental contextualizada destinada aos laboratórios de Química Orgânica Experimental II da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Para isso, foi realizada uma adaptação da síntese do corante índigo, originalmente conduzida pelo método de Baeyer-Drewsen, com o objetivo de torná-la mais eficiente, rápida e ambientalmente amigável, através da proposição de uma síntese *one-pot* e da eliminação de reagentes potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. A atividade experimental foi aplicada em quatro turmas que compõem o ciclo de Química Orgânica no período noturno. Ela se desdobrou em três etapas distintas: a primeira consistiu na apresentação do contexto histórico como uma introdução à aula experimental; em seguida, ocorreu a realização da prática adaptada; finalmente, os produtos obtidos foram aplicados no tingimento de tecidos utilizando a técnica *tie-dye*. Para coletar dados sobre a eficácia da abordagem e a percepção dos alunos acerca da importância e das expectativas em relação às aulas experimentais, foram utilizados questionários com enfoque qualitativo. Os resultados obtidos demonstraram sucesso na adaptação da síntese do corante índigo, destacando-se pela sua robustez. Além disso, os questionários revelaram que os alunos de graduação têm uma expectativa de aprendizado teórico por meio das aulas experimentais e que a incorporação da HC proporcionou uma perspectiva enriquecedora para a atividade, estabelecendo uma ponte entre teoria, prática e sociedade, de forma a proporcionar uma aproximação entre a experiência cotidiana do estudante e a Química aprendida.

Palavras-chave: Índigo; História da Ciência; Graduação

ABSTRACT

SILVA, Gabriel Almeida Mendonça, Indigo and the 150 years of jeans: a proposal of a contextualized experimental activity for graduation. Monography (Degree in Chemistry) - Institute of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Traditional chemistry education continues to be part of the undergraduate educational landscape, characterized by an emphasis on memorization, the transmission of complex concepts, and rules, resulting in a relatively limited emphasis on critical analysis. One alternative to address this issue is the adoption of methods that promote a critical analysis of science and its construction process, with the History of Science (HS) being a viable approach to diversify teaching. With this in mind, this work describes the development of a contextualized experimental activity aimed at the laboratories of Experimental Organic Chemistry II at the Universidade Federal do Rio de Janeiro. To achieve this, an adaptation of the indigo dye synthesis, originally conducted using the Baeyer-Drewsen method, was carried out with the goal of making it more efficient, faster, and environmentally friendly, by proposing an one-pot synthesis and eliminating potentially harmful reagents. The experimental activity was implemented in four groups that make up the Organic Chemistry cycle in the evening period. It unfolded in three distinct stages: the first involved presenting the historical context as an introduction to the experimental class; then, the adapted practice took place; finally, the products obtained were used in fabric dyeing using the tie-dye technique. To collect data on the effectiveness of the approach and students' perceptions regarding the importance and expectations related to experimental classes, qualitative-focused questionnaires were employed. The results obtained demonstrated success in adapting the indigo dye synthesis, standing out for its robustness. Furthermore, the questionnaires revealed that undergraduate students have an expectation of theoretical learning through experimental classes and that the incorporation of HS provided an enriching perspective for the activity, establishing a bridge between theory, practice, and society, bringing the student's everyday experience closer to the learned Chemistry.

Keywords: Indigo; History of Science; Graduation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Padrões de <i>tie-dye</i>	39
Figura 2 - Círculo de cores complementares	45
Figura 3 - Alizarina.....	47
Figura 4 - Ácido carmínico.....	47
Figura 5 - Utilização do slide como ferramenta didática.....	48
Figura 6 - Mauveína A.....	50
Figura 7 - Madonna do jardim de rosas (1440 – 1442) – Lochner, S.....	51
Figura 8 - <i>Isatis tinctoria</i>	52
Figura 9 - <i>Indigofera tinctoria</i>	52
Figura 10 - Primeira aplicação bem sucedida.....	61
Figura 11 - Sistema reacional para reação oxirredução.....	63
Figura 12 - Tingimento de tecido de algodão	64
Figura 13 - Tecido tingido	65
Figura 14 - <i>Tie-Dye</i> (LQ).....	66
Figura 15 - <i>Tie-Dye</i> (EQF)	67
Figura 16 - <i>Tie-Dye</i> (EQP)	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de alunos por turma da graduação.....	35
---	----

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 - Oxidação do índigo.....	30
Esquema 2 - Síntese de Baeyer-Emmerling	30
Esquema 3 - Síntese de Baeyer-Drewsen	31
Esquema 4 - Síntese industrial do índigo	31
Esquema 5 - Redução do índigo por ditonito de sódio.....	32
Esquema 6 - Síntese de Baeyer-Drewsen e redução a leucoíndigo	37
Esquema 7 - Oxidação da alil-toluidina	49
Esquema 8 - Processo químico de biossíntese do índigo	52
Esquema 9 - Esquema de intermediários: formação do indol-3-ona.....	54
Esquema 10 - Esquema de intermediários: formação do índigo	55
Esquema 11 - Redução do índigo a leucoíndigo	56
Esquema 12 - Oxidação da D-glicose.....	56
Esquema 13 - Síntese de Baeyer-Drewsen e redução a leucoíndigo	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias encontradas após análise de conteúdo de Bardin (1977)	72
Quadro 2 - Categorias da segunda questão encontradas após análise de conteúdo de Bardin (1977)	82

LISTA DE SIGLAS

AC – Alfabetização Científica

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

EQ – Escola de Química

FF – Faculdade de Farmácia

HC – História da Ciência

IQ – Instituto de Química

LQ – Licenciatura em Química

NdC – Natureza da Ciência

QMA – Química Ambiental

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 EXPERIMENTAÇÃO, EPISTEMOLOGIA E EDUCAÇÃO	18
2.2 UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE NDC E SUA IMPORTÂNCIA	24
2.3 O PORQUÊ DA UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC).....	26
2.4 A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO CONTEXTUALIZADA.....	28
2.5 A HISTÓRIA DA QUÍMICA E OS CORANTES: UMA RECONSTRUÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO.....	29
3 OBJETIVO.....	33
3.1 OBJETIVO GERAL.....	33
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
4 METODOLOGIA.....	34
4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
4.2 DESENVOLVIMENTO DOS PRODUTOS (SLIDES E ROTEIRO).....	34
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO E CRONOLOGIA DE APLICAÇÃO	35
4.4 DESENVOLVIMENTO DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	36
4.5 ELABORAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO.....	36
4.5.1 Descrição da síntese do índigo	36
4.5.2 Roteiro da prática	38
4.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	39
4.7 MÉTODO DE CATEGORIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	40
4.8 PLANEJAMENTOS DAS AULAS	41
4.9 LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS PARA A ATIVIDADE.....	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 APLICAÇÃO DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA	44
5.1.1 Material didático – Introdução	44

5.1.2 Material didático – Índigo	50
5.1.3 Primeira aula prática – Licenciatura em Química	57
5.1.4 Natureza da Ciência inserida na contextualização histórica.....	58
5.2 ATIVIDADE PRÁTICA	59
5.2.1 Adaptação do procedimento experimental	59
5.2.2 Primeira aplicação: Turma de licenciatura em Química.....	62
5.2.3 Aplicação da experimentação com ajustes	66
5.3 ANALISE QUALITATIVA DOS QUESTIONÁRIOS	69
5.3.1 Questões pré-intervenção	70
5.3.1.1 Categorização (Questão 1a e 1b)	72
5.3.1.2 Questão 1a: O que os alunos esperam de uma aula experimental	76
5.3.1.3 A concepção dos alunos sobre o papel da aula experimental no ensino de Química	77
5.3.1.4 Positivismo e a experimentação	79
5.3.2 Questão pós-intervenção.....	80
5.3.2.1 Categorização (Questão 2).....	82
5.3.2.2 Papel da abordagem histórica em uma aula experimental para os alunos	84
5.3.2.3 Relevância da abordagem Histórica na aula experimental	86
6 CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A – Tabela de respostas (questão 1a)	95
APÊNDICE B – Tabela de respostas (questão 1b).....	96
APÊNDICE C – Tabela de respostas (questão 2).....	97
APÊNDICE D – Manual de prática desenvolvida para a UFRJ.....	98
APÊNDICE E – Roteiro do professor.....	100
APÊNDICE F – Roteiro do aluno	102

1 INTRODUÇÃO

O ensino tradicional de Química é uma metodologia que ainda afeta a educação atualmente. Através desse método, o aluno torna-se um agente passivo no ensino, apenas atuando como ouvinte, enquanto o professor transfere seus conhecimentos através de uma exposição. Tem-se como consequência um ensino afastado de críticas e que desconsidera a vivência prévia do aluno, sendo apenas um acúmulo de conhecimentos sem perspectivas de utilizações (Merçon, 2003).

Nestas condições, o ensino de Química apresenta-se de maneira rasa e perde uma característica importante: a possibilidade de trabalhar aspectos sociais e históricos dentro de sala de aula para aproximar o currículo com a realidade do aluno, e, além disso, torná-lo participante ativo da construção de conhecimento crítico ao inserir seus saberes prévios no processo de ensino e aprendizagem.

Em todo o caso, o professor desempenha papel vital no processo de ensino-aprendizagem. Dessa maneira, sua formação durante o curso superior definirá sua trajetória como educador que utilizará o método tradicional ou recorrerá a outras estratégias de ensino.

De acordo com Chassot, a Química e seu ensino devem ser suporte para se fazer educação:

Isso quer significar que não basta que se faça a transmissão de conhecimentos químicos (alguns de discutível valor para a formação científica do cidadão), mas é importante que esses conhecimentos sejam instrumentos para melhor se fazer educação. *Essa é a síntese de um fazer educação por meio da Química.*

(Chassot, 2014, p.51)

Logo, a mera transmissão de conceitos químicos não se faz suficiente para a formação de um cidadão, tampouco para uma educação por meio da Química. É necessário um processo de Alfabetização Científica (AC), que, de acordo com Lorenzetti: “é o processo pelo qual a linguagem das ciências naturais adquire significados, de modo a possibilitar aos alunos a compreensão de seu universo, propiciando o acesso a novas formas de conhecimento e cultura e capacitando-os a exercer a cidadania na sociedade em que vivem” (LORENZETTI, 2000, p.102).

É nesse sentido que o ensino epistemológico durante a graduação pode ser a chave para preparar professores e profissionais que trabalham com ciências para expandirem suas visões de mundo. Uma vez que, a epistemologia, também conhecida como teoria do conhecimento, segundo Silva:

[...] é o ramo da Filosofia que estuda a origem e as possibilidades do conhecimento humano, buscando respostas para questões que, neste atual momento histórico, se colocam como importantes problemas para a educação escolar: O que é o

conhecimento? Como é alcançado? O que é conhecimento válido? O que é possível conhecer?

(Silva, 2017, p.124)

Autores como Cachapuz, *et. al* (2005), Lopes, *et. al* (2007), Cavalcanti & Queiros, (2017) e Gasparetto, *et. al* (2021) têm relatado a importância do ensino epistemológico para a formação de novos docentes e como pode ser danoso a ausência dessa alfabetização, acarretando em uma educação pouco refletida e fracamente fundamentada. Além disso, quando solidificada a concepção antiquada de Ciência, ela é transmitida para o aluno, seja ele um futuro docente ou não, viabilizando a transmissão de uma visão ingênua de concepção epistemológica, de modo que "qualquer prática educativa reflete as concepções que os professores têm sobre o trabalho científico, transmitindo, implícita ou explicitamente, uma visão sobre a natureza da ciência" (Cavalcanti & Queiros, 2017, p.16).

Por isso, utilizar estratégias que insiram discussões acerca da Natureza da Ciência (NdC) são fundamentais durante o processo de formação de novos profissionais, sobretudo durante as práticas experimentais, já que elas exprimem concepções epistemológicas que não cabem mais atualmente, como o positivismo ingênuo.

É com esse plano de fundo que esse trabalho se propõe a fazer uma discussão acerca da concepção de alunos da graduação sobre o papel das aulas experimentais na graduação e, através da História da Química, inserir a discussão sobre a Natureza da Ciência em uma atividade experimental, utilizando a contextualização histórica através da síntese do corante índigo como tema gerador adaptado para os laboratórios de Química Orgânica Experimental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EXPERIMENTAÇÃO, EPISTEMOLOGIA E EDUCAÇÃO

O ensino de Ciências é indubitavelmente complexo, pois esse conhecimento não está naturalmente inserido na cultura do aluno e exige dele diversas habilidades específicas. Mas, muitas são as estratégias que um professor pode utilizar para trabalhar estas inteligências - tem-se o exemplo do movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) - que busca enfatizar o impacto da ciência e da tecnologia na vida das pessoas, aproximando-as do ensino por meio do cotidiano e possibilitando uma visão crítica do que as cerca. Com isso, a aprendizagem não se restringe ao mero conteúdo programático, no conhecimento teórico e nos fatos científicos, ele é voltado para a temas sociais relevantes (Schnetzler, 2002).

Tendo isto em vista, o ensino de Química pode ter a experimentação como uma grande aliada, uma vez que ela pode auxiliar a formação do pensamento crítico, da curiosidade, da criatividade e leva o aluno a testar e verificar a veracidade de hipóteses. Contudo, abordar atividades experimentais em sala não é o suficiente para um ensino contundente. A fim de compreender essa afirmação deve-se buscar um olhar mais criterioso sobre a experimentação.

Para tal necessita-se em um primeiro momento identificar a diferença entre experimental e experimentação. Segundo Lima (2011, p. 2 *apud* SANTOS, 2021, p. 27), “A pesquisa experimental busca construir novos conhecimentos, desconhecidos para a própria ciência. Já a experimentação no ensino de Ciências busca explorar algo já conhecido na comunidade científica, mas desconhecido a um grupo de estudantes”. Esta visão de trabalho prático/experimentação é também compartilhada com outros autores. Millar *et al.*, (1998) apontam que experimentação é um conjunto de atividades que envolvem o ensino e aprendizagem de ciências, proporcionando ao aluno algum tipo de manuseio ou observação de objetos e materiais reais ou representações.

É evidente, ao ter como base tais pontos de vista, que a experimentação envolve um trabalho prático e que o aluno tanto pode atuar como observador ou como praticante em meio a abordagem do educador, o que difere da prática experimental, essa última voltada para a inovação e avanço da ciência.

Segundo Galliazi *et al.*, (2001, p. 252), a experimentação surgiu há mais de cem anos nas escolas como uma derivação do trabalho prático feito nas universidades, com o objetivo de aplicar a teoria oferecida aos alunos e facilitar a aprendizagem da ciência por meio do contato real com o conteúdo.

Passado este tempo e com o avanço na pesquisa em Educação, os professores apontaram dez motivos para aplicação de atividades experimentais em sala de aula, sendo eles:

(1) Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso de dados; (2) Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum; (3) Desenvolver habilidades manipulativas; (4) Treinar resolução de problemas; (5) Adaptar as exigências das escolas; (6) Esclarecer a teoria e promover a compreensão; (7) Verificar fatos e princípios estudados anteriormente; (8) Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios; (9) Motivar e manter o interesse na matéria; (10) Tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência.

(Galliazi, *et al.*, 2001, p. 253)

Considerando os motivos citados, percebe-se uma tendência dos professores em utilizar as atividades experimentais como um recurso visual e comprobatório, com o objetivo de promover teorias e auxiliar na memorização dos alunos (motivos 1, 2, 6, 7, 9 e 10). O motivo 8, em particular, nos oferece uma visão claramente indutivista da experimentação acreditando-se que, a partir da simples observação, o conhecimento científico pode ser construído. Neste ponto, deve-se ter cuidado, já que as atividades realizadas em sala são, geralmente, guiadas pelos professores e isso impossibilita a presença de erros durante o procedimento, sendo eles fundamentais para a aquisição de experiência. Dias & Silva (2009, p.2) incrementam que:

Muito embora a indução sirva aos objetivos comuns do dia-a-dia, o indutivismo não alcança os mais elevados ideais da ciência na medida em que não é capaz de prover uma proposição geral e infalível, porquanto a ele existe uma clara limitação lógica, que consiste na possibilidade irrefutável da observação contradizer nossas expectativas, ainda que um número muito grande de observações de caso semelhante tenha sido feito.

(Dias & Silva, 2009, p.2)

Uma definição clara do método indutivo de Francis Bacon (1561–1626) é que toda e qualquer teoria, para ser validada, deveria passar por etapas prévias de observação e raciocínio acerca de uma experimentação. Somente assim uma conclusão seria obtida e uma teoria originada.

A fim de compreender esse método, recorreu-se a Chalmers (1993), que reflete acerca da epistemologia indutivista e comprova, a partir de uma crítica bem tecida, problemáticas que essa abordagem teórica traz para a concepção de método científico. Logo no primeiro capítulo de seu livro, “O que é Ciência afinal?”, depara-se com a seguinte passagem:

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente.

(Chalmers, 1993, p.18)

Sobre esse argumento, o autor traz uma visão da ciência oriunda da revolução científica do século de XVII. Chalmers considera que essa concepção é equivocada e perigosa, sobretudo por não haver espaço para questionamento acerca do conhecimento produzido, por isso, essa é uma visão ingênua da Ciência baseada no raciocínio indutivista.

Para o indutivista ingênuo, as leis e teorias são derivadas de uma observação não preconceituosa, ou seja, sem tomada de posição ou viés emocional para o recolhimento de informação acerca da natureza. Com isso, os observadores constroem suas afirmações com auxílio de seus órgãos sensitivos e obtém informações singulares que conferem significado para determinada ocorrência em um determinado tempo. Por exemplo: observa-se que a 0°C a água pura congela, ou que, uma barra metálica ao receber calor tende a expandir.

Esta classe de afirmação não leva em consideração o aspecto geral do universo, pois é limitado a um acontecimento específico. Por isso, a simples coleta de afirmações singulares não confere a uma teoria legitimidade para o indutivista. Logo, é necessário não somente um conjunto de dados para que um conjunto de proposições singulares seja generalizada, é preciso seguir algumas condições. Segundo Chalmers (1993, p.27):

- 1- “o número de proposições de observação que forma a base de uma generalização deve ser grande;
- 2- as observações devem ser repetidas sob uma ampla variedade de condições;
- 3- nenhuma proposição de observação deve conflitar com a lei universal derivada.”

As condições são bem claras, de modo que se necessita olhar para um evento mais de uma vez e em condições diferentes para afirmar a veracidade da proposição. Considere que, em pressão atmosférica e a nível do mar a água pura congela a 0°C, porém, essa afirmação não é verdadeira sob pressão reduzida, logo, não se pode generalizar que em qualquer condição de pressão a água muda do estado líquido para o sólido a temperaturas iguais ou menores que 0°C.

Desse modo, a construção do raciocínio indutivo parte da coleta de observações singulares feitas em variadas condições e, caso todas apresente o mesmo resultado, pode-se afirmar a veracidade da informação levando ao surgimento de teorias e leis gerais. A partir daí a Ciência cresce e se desenvolve de maneira contínua e ininterrupta, com o acúmulo de dados oriundos da observação.

Ao conjecturar teorias e explicações, o indutivista possui as ferramentas para deduzir, por meio da lógica, aspectos mais gerais que podem ocorrer no universo observado, aplicando

inferências que partem das generalizações estabelecidas e, com isso, é conferido à Ciência o poder de explicar e prever.

Esta é uma visão muito atrativa da Ciência e possui seus méritos, pois não leva em consideração a conjectura pessoal e seleção de ideias do observador para a construção da hipótese. Além disso, há certo poder de previsão e explicação ao utilizar o método indutivo no tratamento da Ciência. Ainda assim, não é uma concepção pertinente do método científico, já que possui diversas ingenuidades (Chalmers, 1993, p.28).

Nesse parâmetro, Chalmers (1993) levanta uma questão intrigante: “como pode o princípio da indução ser justificado?”. O autor levanta duas possíveis maneiras de justificar o princípio, sendo eles a lógica e a experiência.

É possível utilizar a lógica para constatar um fato: caso a premissa de um argumento seja verdadeira, a conclusão pode ser verdadeira. Por isso, aceitar o raciocínio indutivista não é algo complexo. Levando em consideração o ensino de Ciências no Brasil, nota-se uma presença constante da lógica e dedução. Desta forma, não é estranho se presenciar o seguinte acontecimento: algumas pessoas, ao voltarem para casa após o expediente de trabalho, tomam sempre o mesmo ônibus/transporte público no seu ponto às nove horas da noite, pontualmente. Para eles é bem consolidado o horário do transporte, e, a partir desses enunciados singulares, é possível construir um mais geral: “o ônibus sempre estará presente no ponto às nove horas”. Acontece que nem sempre isso será verdade.

Para Popper (1972), tomar afirmações universais com base em enunciados singulares caracteriza-se como um grave erro do método indutivo:

Ora, está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo pode revelar-se falsa: independentemente de quantos casos de cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos.

(Popper, 1972, p.28)

Da mesma maneira, não é possível concluir, com base nas diversas constatações de várias pessoas que o transporte estará sempre disponível naquele horário específico, mesmo que a constatação esteja de acordo com os critérios estabelecidos para que a generalização indutivista seja firmada, já que pode haver algum problema na linha ou no trajeto. Por isso, a indução não pode ser justificada somente pela lógica.

A segunda maneira de tentar validar a visão indutivista é a aplicação do raciocínio indutivo consecutivamente sobre ele mesmo, ou seja, observar de sua taxa de sucesso para a formulação de novas leis científicas e, ao observar a alta taxa de sucesso, confirma-se o método

como satisfatório. Com isso, experimentalmente provar-se-ia o potencial da concepção indutivista, mas há um grande problema: utilizar a indução que está sendo posta à prova para justificar a indução não faz sentido, e mais, utilizando os parâmetros listados em páginas anteriores, caso uma lei científica alcançada pelo método indutivo caia, toda a visão é invalidada, afinal, “nenhuma proposição de observação deve conflitar com a lei universal derivada” (Chalmers, 1993, p.27).

Deve-se também questionar o método de observação utilizado pelos indutivistas. O ato de observar varia de pessoa para pessoa, de suas experiências, de sua cultura e alicerce. Ao vivenciar uma experiência pela primeira vez, você adquire conhecimento, o que torna mais complexa sua visão acerca daquele tema Chalmers (1993) completa:

Em resposta, não é difícil produzir exemplos da prática da ciência que ilustram o mesmo ponto, a saber, que o que os observadores vêem, as experiências subjetivas que eles vivenciam ao verem um objeto ou cena, não é determinado apenas pelas imagens sobre suas retinas, mas depende também da experiência, expectativas e estado geral interior do observador.

(Chalmers, 1993, p.51)

Retornando aos ideais discutidos no início, para a origem de um enunciado singular, a observação era o pilar central e, a partir daí as teorias seriam concebidas. Acontece que não há observação imparcial, portanto, é uma ilusão acreditar que o surgimento de um conhecimento científico se dá somente através da observação.

Segundo Cachapuz *et al.* (2005, p.74) “O que transparece muitas vezes nos currículos de Ciências são concepções incoerentes e desajustadas, nomeadamente, de natureza empirista e indutivista, que se afastam claramente das que a literatura contemporânea considera fundamentais a propósito da produção científica e do que significa hoje a ideia de ciência”.

Dessa maneira, se gera um ciclo em que ocorre a manutenção da visão empirista/indutivista no qual o próprio docente em sua formação é impelido por tal concepção e a leva adiante, conduzindo seus futuros alunos pela mesma ideia ultrapassada de conhecimento científico. Esta manutenção leva os professores a aulas experimentais mais técnicas, dando ênfase na observação, no tecnicismo e memorização, logo, exclui-se a racionalidade em prol do “produto do conhecimento científico” (Lôbo & Moradillo, 2003).

Porlán *et al.* (1998) realizaram um estudo com 158 professores atuantes e 131 professores em formação e constatou-se que a concepção de Ciência predominante era o empirismo. Já Cavalcanti & Queiros, (2017), relatam, em seu artigo, uma pesquisa feita sobre aplicação de atividades experimentais com 10 professores atuantes e 25 alunos de um ensino

médio-técnico que “nas disciplinas científicas escolares, a concepção epistemológica subjacente é, de maneira quase exclusiva, o chamado empirismo-indutivismo”. (Cavalcanti & Queiros, 2017, p. 15).

No decorrer da História e do desenvolvimento científico, algumas ideias foram de grande influência nas práticas pedagógicas nas áreas da ciência e uma se destaca em relação às outras, o positivismo (Giordan, 1999).

O Positivismo influenciou de maneira considerável a sociedade nos séculos XIX e XX. Tendo em vista que a Educação é uma atividade social, também foi marcada por esta influência. Nas escolas, a influência do positivismo se fez sentir com força devido à influência da Psicologia e da Sociologia, ciências auxiliares da Educação.

(Iskandar & Leal, 2002, p. 3)

Isidore Auguste Marie François Xavier Comte (1798-1857) é, geralmente, apontado como o fundador do positivismo e para ele é atribuída a maior expressividade na disseminação das ideias. Porém, antes mesmo das atividades de Comte, o ideal já estava em ascensão por meio de Turgot, Condorcet e Saint-Simon (Iskandar & Leal, 2002, p.2).

Em meio ao triunfo do liberalismo europeu no século XIX o cientificismo ganhou espaço. Com isso, a busca pelo desenvolvimento individual, grande foco do liberalismo, tomou maior proporção ao incorporar o empirismo e o materialismo como fonte primária de conhecimento. Do primeiro, surge a ideia de que os dados obtidos a partir de experiências são concretos e definitivos; já do segundo, que a matéria e as leis que a regem são a base de qualquer explicação racional.

Neste ponto, ocorre uma subversão da razão como fonte de conhecimento científico em virtude do empirismo, no qual os fatos são conhecidos a partir da experimentação. Desta maneira, o positivismo começa a ganhar suas características fundamentais.

A epistemologia positivista reivindica as ciências naturais como sendo a única fonte do saber. Nela, a observação é chave para a formulação de teorias que são constatadas através da experimentação, havendo uma correlação direta com o indutivismo.

Comte foi um dos grandes idealizadores dessa concepção positivista (indutiva), em meio a uma Europa com graves crises sociais e políticas. Para ele, a filosofia positiva tem como fundamento o “ver para prever”, ou seja, compreender as leis que regem o universo a fim de prever seu comportamento (Giannotti, 1978).

Para Comte, a experimentação é parte fundamental na investigação das leis. Porém, não é o todo, uma vez que, ela está restrita a evidenciar ligação entre fenômenos apresentando resultados subjetivos e, para que sejam válidos, faz-se necessário uma metodologia comum para que haja convergência de informações a fim de obter homogeneidade nas teorias.

Nesta filosofia, é defendido que o espírito humano deve alcançar o estado positivo, que, de acordo com Souza (2020) é definido da seguinte forma:

Nesta fase o espírito humano reconhece sua incapacidade de conhecer a origem e a finalidade do universo, passa a se preocupar com a compreensão dos fenômenos por meio da utilização do método científico que é uma integração do raciocínio e da observação às leis efetivas que correspondem às relações variáveis de sucessão e similitude.

(Souza, 2020, p.31).

O movimento positivista marcou, de fato, uma transição de um saber imaterial e espiritual para a investigação do real. Nesse sentido, a sociedade sofreu uma grande mudança através da organização científica e, sendo a educação o pilar fundamental da construção social, essa também foi fortemente influenciada.

Na educação, o positivismo buscou a ascensão das ciências exatas e naturais ao combater a escola humanista religiosa, a fim de evidenciar o método científico, admitindo somente o que é potencialmente inquestionável e comprovável através de experimentação. Nesse sentido, o ensino de Ciências passa a ser o centro da educação e Química, Física e Biologia tornam-se fundamentais para a formação do conhecimento científico (Iskandar & Leal, 2002, p.3).

2.2 UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE NDC E SUA IMPORTÂNCIA

É evidente que o positivismo trouxe importantes reconhecimentos para a Ciência, porém, tal concepção é bastante danosa para o seu ensino e construção, já que subverte sua imagem a uma forma totalmente imaginária de um saber que é imutável e linear. Mais do que isso, reduz o campo de visão para uma metodologia científica que somente é aceita caso comprovada através de experimentos, ou seja, não aceita a Ciência como algo em construção e limita-a apenas à aprendizagem de conceitos e técnicas.

Na educação brasileira, a corrente positivista ainda impera como grande influenciador no ciclo da educação em ciências. Tem-se o exemplo de diversos trabalhos como Correia *et al.*, 2021, Iskandar & Leal, 2002, Oliveira, 2010 que relatam a educação brasileira sendo construída sobre uma matriz positivista. Correia, *et al.* (2021) demonstram através de uma pesquisa qualitativa utilizando um questionário aplicado junto a 100 alunos da cidade de Quixelô - Ceará que o ensino de Ciências permanece com traços positivistas, sobretudo ao tratar a Ciência como algo imutável e infalível.

Dentro da educação, é fundamental combater a concepção do positivismo e, para isso, a utilização da Natureza da Ciência (NdC) por parte do educador pode ser uma ferramenta extremamente útil.

Existem várias abordagens da NdC, afinal, tratar desse tema é abordar como a Ciência é construída e há uma pluralidade de formas de se interpretar e conceber essa construção, sendo algumas mais amplas e outras mais restritas. No entanto, é justamente essa multipluralidade da Natureza da Ciência que torna a discussão importante no âmbito educacional.

Apesar da multipluralidade de ideias sobre a NdC, alguns aspectos são consensuais, como, por exemplo, o fato de que a Ciência é mutável e não segue uma trajetória linear, ela é passível de erros e de reformulações, com isso, ela não é absoluta (Moura, 2014).

O fato é que não existe um método científico universal, ou seja, não há um único conjunto de regras que baseiam a pesquisa em ciências e definam um parâmetro a ser seguido por todos os pesquisadores. No entanto, essa ainda é uma visão popular da ciência até mesmo dentro da universidade, que não permitiria diferentes visões sobre um mesmo tema, supondo a existência de uma produção algorítmica e infalível (Pérez *et al.*, 2001).

Outro ponto de consenso é que a Ciência é construída em um meio social. Nesse caso, sofre influência do meio político que está inserido, tendo muitos avanços sendo reconhecidamente obtidos por uma necessidade iminente da sociedade ou por uma questão de época. Segundo Moura (2014):

Falar sobre a NDC é relacionar o conhecimento científico com o contexto no qual ele é produzido. A Ciência não está enclausurada em uma bolha, invulnerável aos acontecimentos ao redor. O conhecimento científico é obra humana, e como homens pertencentes a uma sociedade – com seus modelos culturais, políticos, históricos, econômicos etc. –, eles trazem à Ciência suas concepções, crenças e anseios.

(Moura, 2014, p.36)

Isto leva à compreensão de que a ciência é construída por pessoas que possuem crenças de mundo diferentes, portanto, ela está sujeita a influência destas e, sendo o cientista uma pessoa inserida em um contexto sociocultural, seu produto de pesquisa estará atrelado às suas vivências e expectativas.

Por fim, a NdC também leva em conta que a observação e o experimento não geram necessariamente teorias. Considerar que o experimento comprova a teoria é uma visão errônea justamente por não haver uma observação imparcial e um método científico.

É neste âmbito que a NdC é um campo epistemológico importante a ser trabalhado dentro da educação, seja ela básica ou superior, afinal, ela permite uma reflexão acerca da Ciência e da construção do conhecimento científico. É papel do educador não só ensinar o

conteúdo, mas também desconstruir a visão comum sobre a Ciência e proporcionar familiarização aos discentes, uma vez que, a Ciência é construída por pessoas inseridas dentro de um contexto social, logo, não é algo inalcançável.

2.3 O PORQUÊ DA UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC)

Para abordar a NdC na educação, alguns caminhos podem ser percorridos. Dentre eles, o resgate histórico da ciência vem recebendo bastante atenção pelos pesquisadores de educação, como pode ser visto no livro de Peduzzi e colaboradores (2012). Nele é feita uma análise acerca dos artigos publicados em Educação utilizando História da Ciência (HC) como caminho para discutir a NdC. A pesquisa foi realizada em diferentes revistas de diferentes países do ano de 1980 até 2011, e, por ela, concluiu-se que cada vez mais trabalhos são publicados nessa temática e que os países periféricos, incluindo o Brasil, possuem maior taxa de apresentações em congresso nessa temática (Peduzzi *et al.*, 2012).

Outros autores relatam a importância da HC para a contextualização, permitindo a compreensão de características da Ciência que não são possíveis de serem alcançadas pelo método tradicional de ensino, como por exemplo a não linearidade da construção do conhecimento químico. Nesse parâmetro, a história permite a compreensão da evolução cronológica, do potencial transformador socioeconômico da ciência e da sua influência pelo contexto cultural que está inserido (Carvalho e Justi, 2019; Peduzzi e Raicik, 2020; Moura, 2021).

A utilização da HC no ensino pode ser extremamente benéfica para o aluno pois humaniza a ciência, aproximando o conteúdo do seu cotidiano. Isso proporciona sentido ao conteúdo à medida que insere o conhecimento de maneira palpável e decodificada. É possível também tornar a aula mais reflexiva à medida que questões podem ser inseridas na realidade da sociedade, além de torná-la mais interessante para os alunos. De acordo com Matthews (1995, *apud* Moura, 2021, p.1158):

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista.

(Matthews, 1995, p.172)

Dentre os pontos listados, vale chamar atenção do “5” e do “6” pelo seu valor em combater a concepção linear da ciência através da realidade que a história demonstra.

A Ciência é uma das atividades culturais mais importantes realizadas pelo homem. Por isso, estudá-la na ausência de toda riqueza cultural histórica é negligenciar vínculo extremamente importante e fomentar um ensino duro de conceitos que, por muitas vezes, não desabrocham em um sentido para o aluno, sendo facilmente esquecido.

Segundo Chassot (2014), a educação em Química é fruto da construção humana, logo é política, histórica e social. Por isso, o educador não deve dissociar a Química do contexto em que está presente, já que fazê-lo gera uma perda imensurável para que o aluno seja capaz de analisar criticamente como essa Ciência está relacionada ao meio ambiente e com sua vida.

Ainda assim, é importante ressaltar que a utilização da História da Ciência não é uma atividade fácil de ser exercida e exige paciência e esforço do educador para que não entre como apenas uma curiosidade histórica na aula ou uma “*quasi-história*” (Whitaker, 1979). É um processo árduo a pesquisa e o levantamento de informação histórica de um tema, e, sendo esse processo relatado por uma pessoa que está inserida em determinada época e com uma concepção de mundo específica, é possível que o relato seja moldado por essa visão de mundo, ou então que o próprio educador falsifique a história utilizando aspectos genuínos da mesma, essa seria a *quasi-história*. De acordo com Matthews (1995):

A quasi-história é um assunto complexo. Sabe-se que objetividade em história é, num certo nível, impossível: a história não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador; ela tem que ser fabricada. Fontes e materiais têm que ser selecionados; perguntas devem ser construídas; decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica devem ser tomadas. Todas essas questões, por sua vez, sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador.

(Matthews, 1995, p.174)

Por isso, deve-se ter cuidado ao utilizar a HC para abordar a Natureza da Ciência, pois esta é uma ferramenta poderosa e que pode influenciar a visão de alunos e professores pela maneira que é utilizada, ou seja, pode ir em contramão ao objetivo do educador. Sendo assim, é fundamental que haja uma boa seleção do material histórico a ser explorado e uma simplificação do conteúdo para que haja aproximação do aluno e, mais importante, deve-se representar os fatos da maneira mais precisa, a fim de que o aluno não efetive imagens e ideias falsas da Natureza da Ciência.

2.4 A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO CONTEXTUALIZADA

A fim de promover uma educação crítica aos alunos, faz-se necessário alcançar a Alfabetização Científica e minimizar as concepções epistemológicas já ultrapassadas. Isso pode ser conquistado pela inserção da NdC nos âmbitos de ensino superior através da História da Ciência, uma vez que, para Chassot (2003), a Ciência é uma linguagem e, portanto, precisa ser aprendida e compreendida para que seja possível sua comunicação. Por ser construída por pessoas, a linguagem da Ciência está presente no cotidiano da população (Chassot, 2003) e, nesse sentido, a contextualização traz para a sala de aula uma relação direta entre a disciplina ensinada e a realidade dos estudantes. Já a utilização da História da Ciência permite convergir o passado da Ciência com as vivências dos alunos. Segundo Ferreira e München (2020, p.381) “a contextualização enquanto princípio pedagógico torna possível a melhor compreensão dos conteúdos trazidos pelas disciplinas, problematizando também dimensões sociais, culturais, políticas e econômicas, a fim de despertar o senso crítico dos estudantes”.

A escolha de um tema estruturador é fundamental para uma contextualização bem realizada. Ele deve estar relacionado com o conhecimento presente na vida do aluno e deve proporcionar uma visão mais complexa do mundo que o cerca. Além disso, deve fomentar a compreensão e criticidade, tornando o aluno capaz de identificar em seu dia a dia a utilização prática e gerar a capacidade de aplicá-la (Franco *et al.*, 2020). Compreender Ciência, para Chassot (2003, p.91) é:

Acredito que se possa pensar mais amplamente nas possibilidades de fazer com que alunos e alunas, ao entenderem a ciência, possam compreender melhor as manifestações do universo. Aqui se defende essa postura mais ampla, mesmo que se reconheça válida a outra tendência, de fazer correções em ensinamentos que são apresentados distorcidos.

(Chassot, 2003, p.91).

Por isso, sendo a Química uma Ciência voltada para a transformação do universo, ensiná-la é possibilitar ao aluno enxergar as transformações causadas por ela, seja no âmbito econômico, político, histórico ou social, já que em todos os casos, a Química está inserida.

Aponta-se que o Letramento Científico é um termo conhecido que possui diversos entendimentos, sendo principalmente relacionado com o conhecimento científico sendo utilizado pelo indivíduo em sociedade. Porém, neste trabalho optou-se pela utilização da Alfabetização Científica de Chassot como referencial teórico pois ele não se limita a leitura da palavra. Chassot compreende a ciência como facilitadora do entendimento do mundo. (Bertoldi, 2020).

2.5 A HISTÓRIA DA QUÍMICA E OS CORANTES: UMA RECONSTRUÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO

No âmbito da História da Química, os corantes despontam como uma grande conquista da sociedade. Suas primeiras aparições remontam à utilização de pinturas rupestres pelo homem de Cro-Magnon entre 30 e 10 mil anos atrás. Já os primeiros relatos de extração de corantes naturais foram providos pelos antigos egípcios no *Papyro Graecus Holmiensis* (Papiro de Estocolmo), onde há o relato detalhado de como extrair de plantas determinados corantes (Schaefer, 2014).

Os corantes fizeram parte da construção da sociedade, desde as missões para coletar especiarias, a extração e comercialização da brasilina a partir do pau-brasil até o advento dos corantes sintéticos, sendo a primeira síntese conquistada com sucesso por Willian Henry Perkin (1838–1907) no ano de 1856 através da mauveína A.

Além dos setores relacionados a arte, a utilização dos corantes se dá em diversas esferas industriais: tem-se os setores de construção civil com as tintas; as gráficas com as fotografias; o setor alimentício com corantes alimentares; o setor de cosméticos com suas maquiagens, sabonetes, cremes, etc; o setor têxtil, através do tingimento de tecidos, entre outros.

Nos últimos cem anos, uma enorme quantidade de compostos químicos coloridos foram produzidos artificialmente, sendo que cerca de 10.000 são produzidos em escala industrial. Avalia-se, também, que 2.000 tipos de corantes são disponibilizados para atender às demandas de indústrias têxteis.

(Ferreira *et al.*, 2018, p. 249)

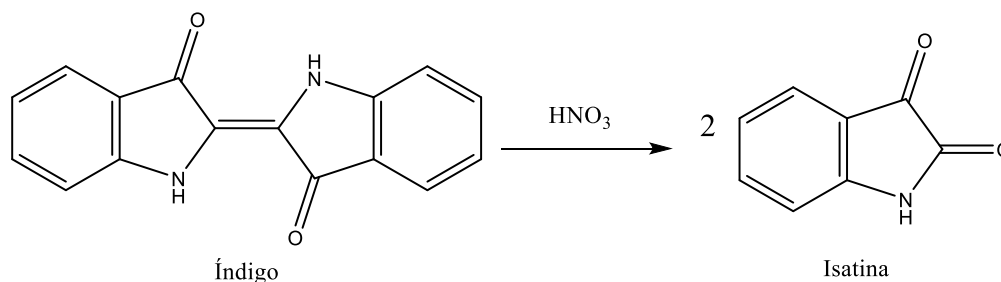
Nesse panorama, os corantes estão inseridos em diversas culturas na sociedade, e, por isso, a utilização desse tema é interessante para uma contextualização histórica onde a Química pode ser bem aproveitada. Entre as mais diversas possibilidades de corantes a serem abordados, o corante índigo chama atenção por seu tom azul e importância histórica.

Também conhecido como anil, o índigo foi um dos corantes mais cobiçados ao longo da história por conta de sua tonalidade azul. Sua primeira extração descrita está presente no papiro de Estocolmo, sendo feita a partir da *Indigofera Tinctoria* e *Isatis Tinctoria*, através de um processo de hidrólise catalisado por enzimas hidrolases no momento da quebra das folhas, como demonstra o Esquema 1. (Fonte: Schaefer, 2014, p.25).

Outra aplicação comum desse corante é vista nas calças jeans. Patentada pelo alemão Levi Strauss e pelo americano Jacob Davis em 20 de maio de 1873, a calça jeans se tornou um grande sucesso mundial e seu tom azulado integrou-se à moda mundial e está presente no gosto popular até os dias atuais.

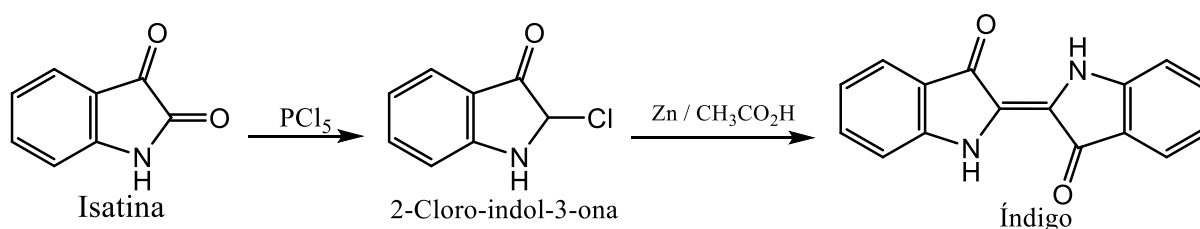
A primeira síntese do índigo foi realizada por Baeyer e Emmerling em 1870, utilizando a isatina como reagente de partida para a produção do corante. A ideia de utilizar esse reagente se deu por conta de Auguste Laurence, que, em 1841 obteve a isatina pela oxidação do índigo com ácido nítrico, como mostra o Esquema 1 (Viesca & Gómez, 2018).

Esquema 1 - Oxidação do índigo



Deste modo, buscou-se inverter a reação partindo da isatina até a formação do índigo, através de uma dimerização. O aperfeiçoamento da síntese de Baeyer-Emmerling deu-se por longos 8 anos, até que as condições ideais para a reação foram estabelecidas por eles, sendo demonstrado no Esquema 2 (Viesca & Gómez, (2018), p. 9-10):

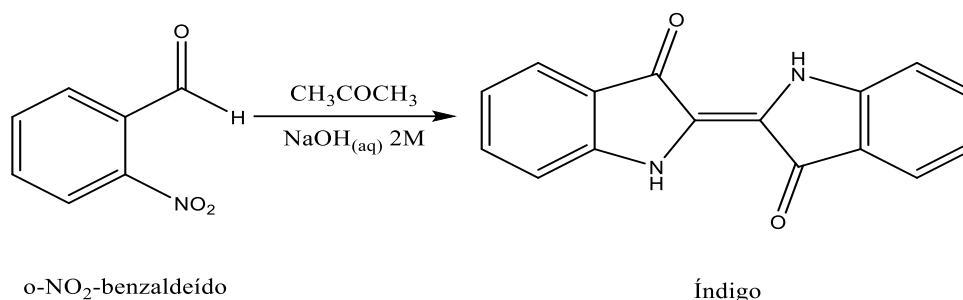
Esquema 2 - Síntese de Baeyer-Emmerling



Por esse método, ocorre uma cloração na posição 2 do indol seguido por uma dimerização em meio redutivo. A síntese do índigo apresenta bons rendimentos, porém, solventes tóxicos são empregados, como o benzeno. Além disso, partir da isatina para a obtenção do corante tornava o processo caro na época, uma vez que o reagente possuía preço elevado (Gaboriaud-Kolar, Nam & Skaltsounis, 2014, p. 86).

Outra síntese do corante foi realizada em 1882 por Adolf von Baeyer pelo método Baeyer-Drewsen, como demonstra o Esquema 3. (Viesca, Gómez & Berros, 2016).

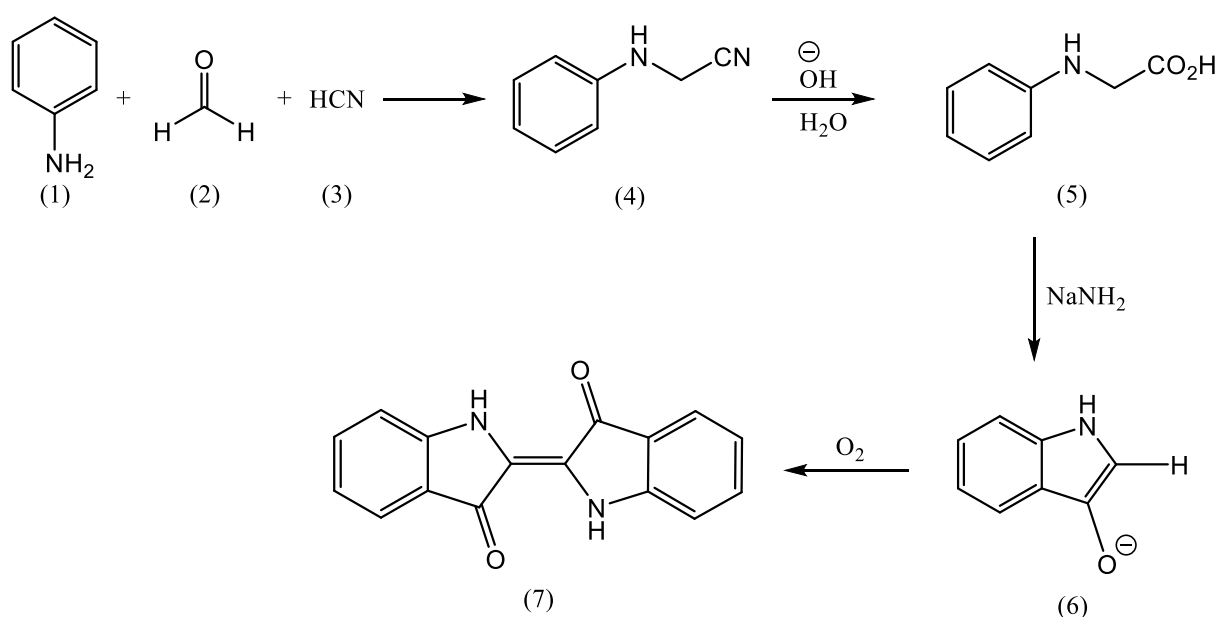
Esquema 3 - Síntese de Baeyer-Drewsen



Esta síntese utiliza o 2-nitrobenzaldeído e a acetona como reagentes e as condições reacionais são simples, sem a exigência de aquecimento ou de solventes potencialmente prejudiciais à saúde. Por isso, é altamente viável quando realizado em laboratório, em pequena escala. Já para a produção de índigo em escala industrial não se pode dizer o mesmo, pois seu principal reagente (2-nitrobenzaldeído) tem alto custo e é de difícil produção.

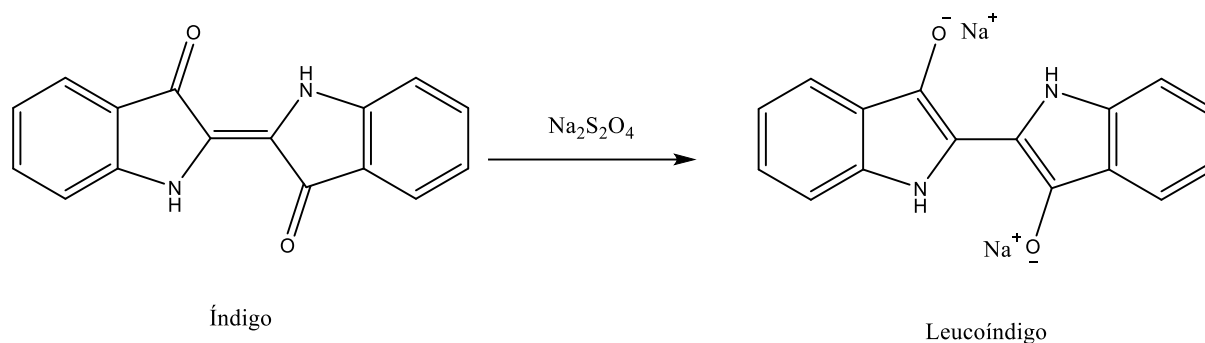
Tendo isso em vista, o método de produção industrial do índigo foi desenvolvido em 1925 pela Badische Anilin & Soda Fabrik (BASF) e ocorre a partir de anilina (1), formaldeído (2) e ácido cianídrico (3) para produzir uma *N*-fenilaminoacetonitrila (4), seguida por reação com hidróxido de sódio para obter a *N*-fenilglicina (5), com amida de sódio para obter indoxila (6) e finalmente oxidação para o índigo (7), representado no Esquema 4 (Gaboriaud-Kolar, Nam & Skaltsounis, 2014).

Esquema 4 - Síntese industrial do índigo



O índigo é um corante vat, o que significa que sua solubilidade é baixa em água, por isso, para ser utilizado como corante é necessário reduzi-lo a uma forma mais solúvel conhecida como leucoíndigo, também conhecido como índigo branco. Isto foi historicamente realizado utilizando o ditonito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) em meio básico, como demonstra o esquema a seguir (Schaefer, 2014):

Esquema 5 - Redução do índigo por ditonito de sódio



Para a produção em larga escala há uma alta demanda de reagentes e uma grande produção de descarte aquoso contendo $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ que é convertido em sulfito e sulfato, sendo poluidores ambientais. (Schaefer, 2014).

A BASF realizou uma grande melhoria na síntese do índigo tornando-a mais ambientalmente responsável ao realizar ao final da síntese do corante sua redução à leucoíndigo por meio de uma conversão direta por hidrogenação catalítica e armazenando o índigo branco em nitrogênio. Por essa eficiência ecológica e pelos reagentes menos custosos, este método sobrepôs as sínteses de Baeyer-Ermiling e Baeyer-Drewsen. (Schaefer, B. 2014, p. 29).

O índigo revela um passado trágico da humanidade. Um representante de poder dos séculos 17 ao 19, este corante foi cobiçado pela alta burguesia e nobreza que exploraram mão de obra escrava para sua extração, sobretudo na África. Foi utilizado como *commodity* para trocas, até mesmo para mão de obra escravizada, perpetuando o ciclo de exploração e lucro. (Francis, 2021)

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma aula experimental sobre a síntese do índigo pela reação de Baeyer-Drewsen para os laboratórios de Química Orgânica Experimental II da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), constituída por uma introdução com abordagem histórica, experimentação e aplicação do produto sintetizado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adaptar a metodologia existente da síntese do índigo para melhor atender as necessidades do laboratório;
- Produzir um roteiro para o material didático das disciplinas de Química Orgânica Experimental II da UFRJ, incluindo o procedimento experimental, quantidades de reagentes a serem utilizados e uma ilustração de como realizar *tie-dye* para aplicação do corante;
- Realizar uma contextualização histórica para introduzir o tema a ser abordado na aula e, com isso, despertar o interesse e curiosidade dos alunos;
- Analisar a concepção dos alunos sobre a Natureza da Ciência e a visão deles sobre a utilização da ferramenta histórica nas aulas em laboratório;
- Verificar se a abordagem histórica foi capaz de propiciar alguma mudança na visão sobre a Natureza da Ciência.

4 METODOLOGIA

4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A experimentação contextualizada foi produzida e aplicada com participação direta do pesquisador (observação participativa). Esse trabalho é constituído por uma aula elaborada e ministrada na disciplina de Química Orgânica Experimental II dos cursos relacionados à área de Química, sendo eles: Licenciatura em Química (LQ); os cursos da Escola de Química (EQ): Engenharia Química, Engenharia de Bioprocessos, Engenharia de Alimentos e Química Industrial; e Faculdade de Farmácia (FF). A aula foi composta por três partes, sendo a primeira uma contextualização histórica; a segunda a experimentação e, por fim, a aplicação do produto da síntese que é o corante índigo. Realizou-se também uma pesquisa qualitativa, em forma de questionário, utilizando como referencial teórico a Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (1977), a fim de analisar a concepção dos alunos sobre a Natureza da Ciência e se a utilização da História da Ciência foi eficiente para proporcionar uma compreensão contextualizada dos saberes.

4.2 DESENVOLVIMENTO DOS PRODUTOS (SLIDES E ROTEIRO)

Os produtos foram desenvolvidos em forma de aula em slide para a utilização do professor e um roteiro da experimentação voltado para o professor e o estudante da disciplina de Química Orgânica Experimental II.

O tema tratado no produto visa introduzir ao aluno os aspectos da NdC através da História da Ciência de maneira a alcançar a Alfabetização Científica defendida por Chassot (2003), a fim de tornar o aluno mais crítico acerca da construção da Química estudada na graduação e correlacioná-la com seu cotidiano. Para isso, o índigo foi escolhido como tópico norteador da aula, que foi estruturada da seguinte maneira: (i) Corantes e a teoria das cores; (ii) Corantes naturais: história, utilizações e grupos cromóforos; (iii) Os povos originários e os corantes; (iv) Corantes sintéticos e a descoberta da mauveína A; (v) Índigo: história e aplicações; (vi) 150 anos da calça jeans; (vii) Reação de Baeyer-Drewson; (viii) Apresentação do material didático; (ix) Experimentação seguindo o material didático; (x) Aplicação do índigo em pinturas *tie-dye*.

O desenvolvimento do produto se estendeu ao longo de toda a aplicação, sendo o material aprimorado conforme as aulas foram aplicadas.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO E CRONOLOGIA DE APLICAÇÃO

A elaboração e aplicação da atividade prática ocorreram durante o primeiro semestre de 2023, sendo as aulas efetivamente realizada durante os meses de junho e julho na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) no campus da Ilha do Fundão, no Centro de Tecnologia. A disciplina escolhida para aplicar a prática foi a Química Orgânica Experimental II para os cursos ministrados no turno noturno.

Estas turmas foram escolhidas de acordo com o planejamento semestral, já que o conteúdo programático da disciplina estava de acordo com o conteúdo da atividade prática, sendo possível abordar reações de condensação aldólica e a síntese do corante índigo. Além disso, os alunos pertencentes a estas turmas encontram-se a partir do quarto período da graduação e já possuem os conhecimentos obtidos no ciclo básico, que são de fundamental importância para a compreensão das questões levantadas em aula.

A atividade foi aplicada em quatro turmas, sendo uma Licenciatura em Química do IQ (LQ), duas da Escola de Química (EQP e EQN) e uma da Faculdade de Farmácia (FF) e todos os alunos aceitaram fazer parte da pesquisa. O questionário foi aplicado somente nas turmas de LQ e da EQ, pois na turma da FF não houve tempo hábil para os questionários por conta de um teste aplicado pelo professor da turma. Sendo assim, o questionário retratará apenas as três primeiras turmas, já o produto obtido com a prática será proveniente das quatro turmas.

Participaram da resposta do questionário 25 alunos, porém, a aula foi ministrada para 34 alunos no total, de ambos os sexos e de diferentes idades. A Tabela 1, a seguir, demonstra a distribuição de alunos por cada turma:

Tabela 1 - Quantidade de alunos por turma da graduação

Turmas	Nº de alunos
LQ	7
EQP	8
EQN	10
FF	9

Fonte: autoria própria.

Os professores regentes responsáveis pelas turmas permitiram a aplicação da atividade e estiveram presentes em todas as etapas da mesma, sem sua participação direta e com permissão antecipada para a aplicação da pesquisa.

As respostas obtidas nos questionários foram anônimas, respeitando a privacidade e critérios éticos, e, por este motivo, não houve necessidade de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa. Por isso, para garantir o anonimato, pediu-se que cada aluno indicasse um código que apenas o mesmo teria conhecimento, para responder as questões que foram realizadas em duas etapas, uma antes e outra após a aula. Assim, o aluno deveria utilizar o mesmo código nas questões, e entregá-las separadamente. As respostas das questões foram lidas e analisadas a *posteriori* pelo pesquisador.

4.4 DESENVOLVIMENTO DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

A contextualização histórica apresenta-se como o pilar da aula teórica-experimental. Sua elaboração foi feita através de uma coleta criteriosa de materiais, como livros e artigos, para se ter a história dos corantes da forma mais fidedigna possível. Ela foi estruturada de maneira a contribuir com o aprendizado da síntese orgânica a partir de conteúdos como a teoria das cores, grupos cromóforos e esquemas de intermediários.

O índigo foi escolhido como destaque da contextualização devido à sua importância, já discutida neste trabalho nos tópicos anteriores. Trabalhar esse tema de forma contextualizada contribui para a inserção da Química no cotidiano dos estudantes e permite um olhar crítico acerca do que os rodeiam por fornecer um conhecimento histórico que remete a vivências pessoais. Nesse contexto, o aluno é capaz de ter contato com a Química de maneira aproximada, tornando a aprendizagem mais eficiente e permitindo que o aluno perceba que o conhecimento científico é produto humano e que está em desenvolvimento constante.

A introdução da discussão sobre a NdC se dá de maneira discreta através da demonstração de que não há um método único para a construção do conhecimento químico, mostrando que é um processo gradual que ocorre durante anos. Pela contextualização, é possível afirmar que a Química é produto do meio que está inserido, sendo repleta de casualidades e, em alguns casos, imprevisibilidade.

4.5 ELABORAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO

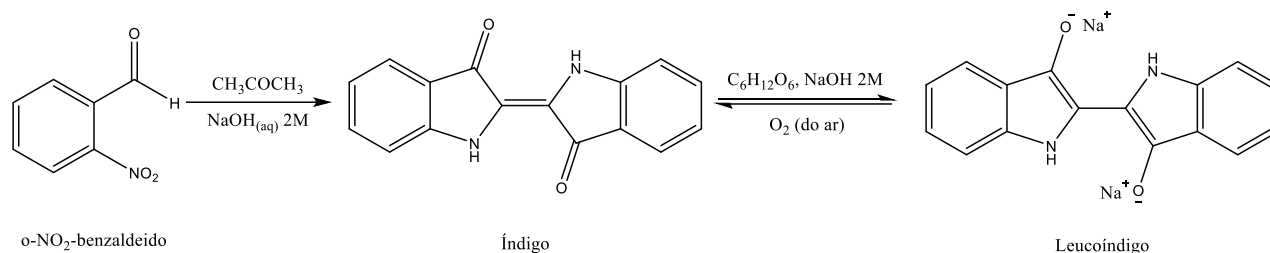
4.5.1 Descrição da síntese do índigo

A experimentação foi elaborada para a síntese do corante índigo presente na calça jeans seguindo o método Baeyer-Drewsen, reportado como um método mais simples obter o corante anil em laboratório. É abordada através da atividade a condensação aldólica, reação de grande importância para a Química Orgânica e ensinada nas disciplinas teóricas. Além disso, o

processo de tingimento passa por uma reação de oxirredução para a obtenção de uma forma solúvel do corante.

A atividade foi adaptada para os laboratórios de Química Orgânica Experimental II com base nos artigos de Simão, D. (2017) e Koga, N.; Oliveira, A.H.A.; Sakamoto, K. (2008). Nesses artigos, a síntese é realizada utilizando 2-nitrobenzaldeído, solução de hidróxido de sódio 2M e acetona. O índigo é um corante vat e possui baixa solubilidade em água, sendo necessário reduzi-lo à leucoíndigo, sua forma de sal solúvel (Esquema 6).

Esquema 6 - Síntese de Baeyer-Drewsen e redução a leucoíndigo



Pelo método convencional, primeiramente produz-se o corante, que em seguida é filtrado em funil de Büchner e após isto ele deve ser reduzido com ditionito de sódio (Na₂S₂O₄). Como o índigo é pouco solúvel, ocorre a produção de um sólido de coloração azul que tende a interagir com a superfície de vidrarias, tornando o processo de lavagem complexo, principalmente para laboratórios com rotinas de aulas constantes, cuja vidraria é compartilhada.

Pensando neste aspecto, a reação foi adaptada para que houvesse o mínimo de uso de vidrarias convencionais de laboratório. Sendo assim, buscou-se introduzir novas técnicas e materiais para o experimento. No lugar de duas etapas sintéticas, todo o processo foi feito *one-pot*. Desta maneira, tanto a produção do índigo quanto sua redução à leucoíndigo ocorreram no mesmo frasco. O balão de fundo redondo foi substituído por tubo para centrífuga de polipropileno (tubo Falcon) e para a transferência de solventes e reagentes líquidos optou-se pela utilização de seringas descartáveis.

O ditionito de sódio que seria necessário para a produção do leucoíndigo foi substituído pela D-glicose, como propõem Koga, N.; Oliveira, A.H.A.; Sakamoto, K. (2008). Isso foi feito pois a produção de corantes gera uma grande quantidade de rejeitos e o Na₂S₂O₄ é transformado em sulfitos e sulfetos, que são grandes contaminantes do meio ambiente e tóxicos.

4.5.2 Roteiro da prática

Parte 1: Índigo

Em um tubo para centrífuga de polipropileno (tubo Falcon) de 50 mL são dissolvidos 50 mg de 2-nitrobenzaldeído (0,33 mmols) em 1 mL de acetona. Em seguida são adicionados 1,75 mL de água e 0,25 mL de solução de NaOH 2M. O tubo para centrífuga é fechado e agitado manualmente, com ocasional alívio da pressão por 10 min, tempo durante o qual a mistura se torna amarela e então roxa escura. O índigo formado neste processo será diretamente reduzido na próxima etapa, sem isolamento.

Parte 2: leucoíndigo

Sobre a mistura reacional obtida anteriormente são adicionados no mesmo tubo de centrífuga 3g de D-glicose e 10 mL de solução de NaOH 2M. A mistura então obtida é colocada em banho-maria a 80°C por 20 minutos, com ocasional alívio da pressão no tubo, tempo após o qual a mistura inicialmente roxa se torna cor de caramelo/castanho escuro característica do leucoíndigo e do açúcar caramelizado.

Parte 3: tingimento de tecidos segundo padrões *tie-dye*

A escolha para o tingimento pelo padrão *tie-dye* foi feita com base no roteiro de aulas práticas da Química Ambiental (QMA) do curso técnico em Análises Químicas do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) de Santa Catarina. A primeira prática aborda o tingimento têxtil utilizando a técnica referida (Piovezan, 2017, p.3).

Foram recortados tecidos de algodão para que os alunos aplicassem o produto gerado. No tubo de centrífuga contendo solução do leucoíndigo podem ser mergulhados tecidos ou alternativamente a solução pode ser gotejada utilizando pipetas Pasteur sobre os tecidos, segundo diversos padrões de *tie-dye*. Para isso, foi disponibilizada uma imagem guia de como realizar as dobraduras (Figura 1). Os tecidos são deixados em repouso por 10 min, tempo para que ocorra a oxidação do leucoíndigo ao índigo. Os tecidos são então lavados em água corrente ou mergulhados em um béquer contendo água a temperatura ambiente.

Figura 1 - Padrões de tie-dye



Fonte: Disponível em <https://www.flickr.com/photos/weavingmajor/5003067434>. Acessada em 24 de Outubro de 2023. (CC BY-SA)

4.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada através dos seguintes recursos: questionários, fotografias e anotações de campo.

Foram utilizados dois questionários a serem respondidos pelos alunos participantes da aula teórico-experimental: (i) questionário pré-intervenção, aplicada antes do início da aula e (ii) questionário pós-intervenção, aplicado após o término da atividade realizada.

O questionário (i) visou verificar a relação dos alunos com a aula experimental, analisando suas concepções através de duas perguntas discursivas. Nelas, buscou-se averiguar

a importância da aula experimental para os alunos da graduação, o seu papel para o ensino de Química e a visão epistemológica acerca da experimentação.

O questionário (ii) teve como objetivo verificar a relevância da contextualização histórica para os alunos e se, após a aplicação da aula, houve indícios de alguma mudança da visão epistemológica e de concepção da importância da aula experimental para os cursos de graduação.

Foram realizadas anotações de campo em cada aplicação da aula teórico-experimental, observando o comportamento dos alunos durante a contextualização histórica e sua participação; verificou-se também a facilidade dos estudantes em realizarem o procedimento experimental, como foi montado a aparelhagem e as técnicas utilizadas para a medição de volume; por fim, analisou-se os casos em que a reação não procedeu de maneira desejada, através da pintura realizada pelos graduandos.

Em todas as aulas foram realizados registros em fotografias do produto gerado ao final da atividade teórico-experimental, a fim de corroborar com a eficiência da proposta didática para os cursos de graduação.

4.7 MÉTODO DE CATEGORIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

As categorias refletem as intenções da investigação do analista e correspondem às características das respostas analisadas. Buscou-se a homogeneidade da categorização, ou seja, todos os dados foram analisados levando em consideração os mesmos parâmetros, que são: O discurso dos alunos; o significado das palavras utilizadas; e o contexto em que a resposta está inserida. A metodologia utilizada para avaliar os registros foi a Análise de Conteúdo de Bardin (1977).

Tratando-se de uma análise qualitativa, o pesquisador tem influência direta nas categorias geradas, por isso, palavras e frases-chave foram utilizadas para respaldar as categorias originadas, proporcionando maior confiabilidade para o método.

Dessa forma, as categorizações foram feitas com base nas respostas recolhidas dos alunos, tendo em vista que as perguntas tratam sobre a experimentação como eixo norteador e sobre o impacto da contextualização histórica nas aulas.

As categorias serão apresentadas com a utilização das respostas dos alunos como respaldo, a fim de demonstrar as palavras-chave e o motivo da categorização. Sendo assim, será possível demonstrar a relevância da categoria para a discussão e as nuances presentes nas respostas. A fim de obter a concepção dos alunos sobre a experimentação em Química, suas

percepções acerca da relevância para o ensino de Química e a relevância da contextualização histórica para uma aula experimental.

Sabendo que uma mesma resposta pode estar presente em mais de uma categoria, o cálculo da porcentagem de adesão dos alunos às categorias será realizado da seguinte forma:

$$\% \text{ de adesão} = \frac{n^{\circ} \text{ de respostas na categoria}}{n^{\circ} \text{ total de alunos}} \times 100$$

4.8 PLANEJAMENTOS DAS AULAS

As atividades serão realizadas com públicos de cursos diferentes do ensino superior da UFRJ, todas elas serão realizadas da mesma maneira.

As aulas trabalharão as reações de condensação aldólica e oxirredução, presentes no conteúdo de Química Orgânica Experimental II, porém, com a inserção da NdC através da contextualização histórica. Através da aproximação do conteúdo com o cotidiano dos estudantes, será buscada a Alfabetização Científica defendida por Chassot (2003) ao trazer a Química para o contexto do aluno.

As atividades durarão 2h, dentro do tempo padrão da aula experimental, que é de 3 horas, conferindo assim mais tempo e segurança para realizar todas as etapas da aula, que será dividida em três etapas: (i) Contextualização histórica; (ii) Experimentação; (iii) Aplicação do produto gerado.

(i) Contextualização histórica:

Nessa etapa serão utilizados de 40 minutos para a introdução do tema a ser abordado na atividade. Os alunos serão recebidos pelo pesquisador e pelo professor regente da turma nos minutos iniciais, os mesmos já terão noção de que uma atividade diferente ocorreria no dia e o ritmo será explicado para eles.

Com auxílio de um projetor, o pesquisador exibirá o material teórico no formato de slide e abordará temas relacionados a corantes por um apanhado histórico. Nesse processo, será discutido com os alunos a teoria das cores; a importância de grupos cromóforos; corantes naturais e sua história, dando exemplos como a brasilina, o ácido carmínico e o índigo; corantes sintéticos e relevância econômica; e os 150 anos da calça jeans e a síntese do corante índigo para a experimentação. O material irá conter 12 slides e será disponibilizado aos alunos após a abordagem.

(ii) Experimentação:

A experimentação terá de ocupar 50 minutos da aula tendo início logo após a contextualização histórica. Nesse ponto, o roteiro da prática será distribuído aos estudantes, bem como é descrito no item 4.5.2 e a experimentação será feita seguindo as partes 1 e 2 do roteiro.

Os alunos deverão formar grupos de até três pessoas, dependendo da quantidade de alunos presentes no laboratório. O pesquisador então distribuirá os tubos Falcon e os reagentes previamente preparados, sendo dois recipientes para cada, a fim de facilitar o movimento dos alunos no laboratório.

Durante a etapa de síntese, o pesquisador deverá orientar os alunos para que não haja problemas, sobretudo, durante a etapa de aquecimento. Nesse momento, a interação com os alunos possibilitará a uma maior troca em relação ao conteúdo abordado na contextualização histórica, já que se torna lúdica a proposição da aula.

A aparelhagem montada pelos alunos será registrada através de fotografia para ser utilizada como resultado nesse projeto.

(iii) Aplicação do produto gerado:

A etapa de aplicação do produto irá ocupar os 30 minutos finais da aula teórico-experimental. Nessa etapa, os grupos devem utilizar os padrões de *tie-dye* disponibilizados para o tingimento dos tecidos de algodão recortados pelo pesquisador.

O tingimento deverá ser realizado com auxílio de pipetas Pasteur, vertendo a solução reacional de coloração caramelo diretamente nos tecidos ou mergulhando-o na solução. Após 10 minutos em contato com o oxigênio presente no ar, espera-se que o tom azul correspondente ao índigo comece a ser visível pelos alunos, indicando o sucesso da atividade.

Após o tingimento, cada grupo que realizou o *tie-dye* deverá lavar o tecido com água corrente. Dessa maneira, a glicose remanescente que proporciona o tom caramelo é solubilizada e o tecido reterá apenas a coloração azul do índigo.

As pinturas feitas serão fotografadas e coletadas como dados do trabalho com a autorização dos alunos participantes da atividade.

4.9 LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS PARA A ATIVIDADE

(i) Contextualização histórica:

1. Apresentação de slides – Índigo “O rei dos corantes”: Os 150 anos da calça jeans;
2. Quadro negro;
3. Giz;
4. Projetor;
5. Apontador laser;
6. Computador.

(ii) Experimentação:

1. Tubos de centrifuga em polipropileno com tampa de 50 mL (tubo Falcon);
2. Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 2M;
3. Reagente acetona;
4. Seringas de 1mL em polipropileno;
5. Espátulas;
6. Reagente 2-nitrobenzaldeído (Merck, 10g);
7. Balança semi-analítica ou de precisão;
8. Proveta;
9. Béquer;
10. Haste;
11. Banho maria;
12. Placa de aquecimento;
13. Mufa;
14. Garra de dois braços;
15. Termômetro;
16. Água destilada
17. Reagente D-glicose ou xarope de glicose

(iii) Aplicação do produto gerado:

1. Tecido de algodão;
2. Pipeta Pasteur;
3. Tesoura;
4. Barbante;
5. Padrões de *tie-dye*

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira turma a participar da atividade foi a de Licenciatura em Química (LQ). A partir daí, foi observado o comportamento dos alunos e a efetividade do material, bem como o modo de aplicação do questionário. Sendo assim, a turma LQ foi o parâmetro inicial para as alterações feitas nos slides e na experimentação.

Os questionários somente foram recolhidos nas turmas LQ, EQP e EQN, uma vez que na turma da Faculdade de Farmácia (FF) não houve tempo hábil para aplicação devido a uma atividade posterior realizada pelo professor regente da turma.

As aulas ministradas seguiram o planejamento listado no item 4.8 em todas as turmas, sendo o material aprimorado a cada aplicação, bem como a interação com os alunos.

5.1 APLICAÇÃO DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

A aplicação da contextualização histórica tinha papel fundamental na atividade, pois foi por meio dela que a experimentação foi introduzida e aspectos importantes da síntese, da Natureza da Ciência e do cotidiano tomaram lugar na discussão em laboratório, algo que é pouco frequente nas disciplinas experimentais.

Nesse sentido, um material de apoio foi criado, a fim de facilitar a comunicação do conteúdo a ser trabalhado com os alunos. Foi então desenvolvido um material didático em forma de *slide* que, a cada aplicação foi aprimorado a partir do *feedback* dos alunos.

5.1.1 Material didático – Introdução

Em uma aula experimental para a graduação, é necessário cumprir critérios pré-estabelecidos do conteúdo programático. Sendo assim, o material didático foi adaptado para abordar tópicos de interesse, como os corantes e a condensação aldólica, presentes nos cursos de Química Orgânica da UFRJ. Além disso, o índigo complementa os corantes azoicos usualmente trabalhados nas disciplinas experimentais da instituição.

Trabalhar com corantes na disciplina Química Orgânica Experimental II não é algo recente, porém, sua utilização é, em geral, puramente voltada para o ensino da técnica presente no método. Isso limita o potencial de aprendizado possibilitado pelo tema gerador, uma vez que realizar somente a prática não viabiliza ao aluno a correlação imediata com a teoria, já que a observação de um mecanismo reacional não é evidente para o olhar. Além disso, correlações importantes que podem ser realizadas são deixadas de lado, como correlacionar o experimento com o cotidiano do aluno.

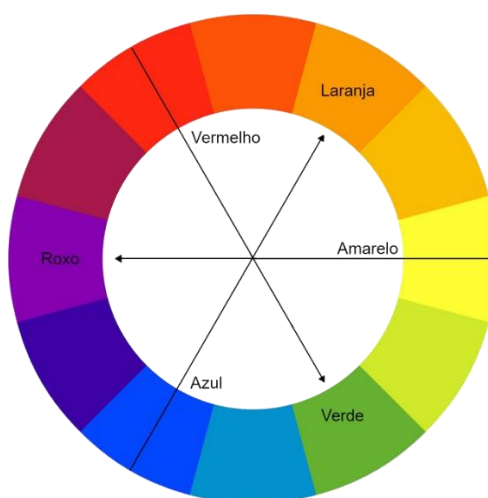
Inserir apenas a técnica para os alunos não é contribuir para uma Alfabetização Científica, uma vez que o mesmo só será capaz de reproduzir um passo a passo e não conseguirá ler e decifrar o que está sendo feito.

Pensando dessa maneira, buscou-se introduzir através do material didático informações relevantes para os alunos de graduação, para além da técnica utilizada para a síntese do índigo. Consequentemente, a abordagem de assuntos como a teoria das cores, grupos cromóforos, a história por trás dos corantes, pautando as primeiras utilizações de corantes naturais, os povos originários brasileiros, possíveis impactos ambientais e avanços econômicos proporcionados pela indústria de corantes. A inserção destes tópicos implementados ao longo do diálogo, sobretudo aqueles com caráter social, possibilitam um maior acesso a cultura e capacitam o aluno, para além de compreender a Química, ter um vislumbre de como ela está inserida na sociedade.

O primeiro slide foi utilizado com o propósito de introduzir aos estudantes o que seria trabalhado ao longo da atividade. Nesse ponto, tratou-se da importância dos corantes para o dia a dia, onde são utilizados, aspectos econômicos e culturais. O objetivo dessa introdução foi de despertar o interesse dos alunos pela temática e convidá-los a refletir em um primeiro momento sobre a relevância dos corantes.

Ainda na introdução, os alunos foram questionados sobre o porquê de os corantes possuírem cor, a fim de instigar a curiosidade dos mesmos e compreender melhor o público alvo. Para essa indagação, utilizou-se o círculo de cores complementares para auxiliar no processo de desenvolvimento da resposta, sendo ela a Figura 2 a seguir:

Figura 2 - Círculo de cores complementares



Fonte: Disponível em <https://www.infoescola.com/artes/cores-complementares/>. Acessada em 15 de junho de 2023.

Através da utilização do círculo, os alunos responderam que a cor que observamos é a cor complementar daquela que é absorvida pelo composto químico. O pesquisador então complementou que algumas substâncias orgânicas absorvem luz na região do visível e, para que isso aconteça, é necessário que possuam ao menos um grupo cromóforo em sua estrutura.

Grupos cromóforos apresentam em sua estrutura orgânica ligações conjugadas, ou seja, ligações duplas e simples alternadas. Com isso, apresentam ressonância, e com a incidência de luz, estes compostos são capazes de absorver energia pela promoção de elétrons do orbital ocupado de maior energia (HOMO) para o orbital desocupado de menor energia (LUMO). Essa absorção permite a emissão da cor complementar no espectro. Sendo assim, se um composto absorve na região do azul, será observada uma coloração laranja para o mesmo.

A construção desse diálogo teve o intuito de preparar os alunos para observar com atenção as moléculas que seriam mostradas ao longo da atividade e para que percebessem a presença desses grupos que conferem a coloração, ademais, trazer um tópico relevante para o ensino de Química.

No *slide* seguinte, abordou-se os corantes naturais e sua história, colocando os antigos egípcios e chineses como foco da descoberta e utilização dos corantes, bem como os povos originários. Para isso, dois exemplos importantes foram abordados com os alunos, o ácido carmínico e a alizarina.

Sendo os corantes naturais aqueles extraídos a partir de plantas, insetos ou minerais, os antigos egípcios utilizavam a tintura vermelha a partir da extração da alizarina contida na *rubia tinctorum*. Já os maias e astecas obtinham a cor vermelha da fêmea do inseto chamado Cochonilha, cor essa proporcionada pelo ácido carmínico presente neste inseto.

Esses tons eram de extrema importância para os povos, pois permitiam o tingimento seus tecidos, cerâmicas, dentre outras utilizações. Os corantes, portanto, fizeram parte da cultura desses povos. Por exemplo, vestígios da sua utilização foram encontrados nos tecidos de múmias dotados de aproximadamente 2500 a. C. Isso marca a importância destas substâncias à medida que a mumificação era um ritual religioso da mais alta relevância para os egípcios antigos e ornamentá-los garantiria uma vida eterna confortável.

A fim de trabalhar melhor o conceito de grupos cromóforos com os alunos, utilizou-se como exemplo a estrutura Química dos dois corantes vermelhos citados ao longo da aula, como demonstram as estruturas Químicas a seguir:

Figura 3 - Alizarina

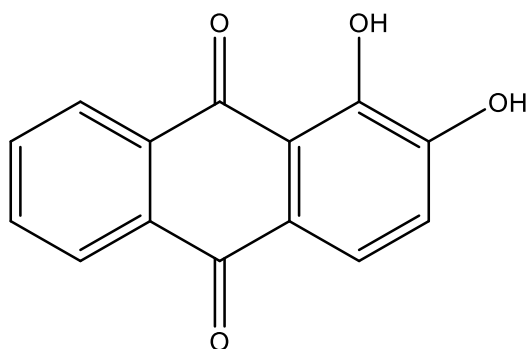
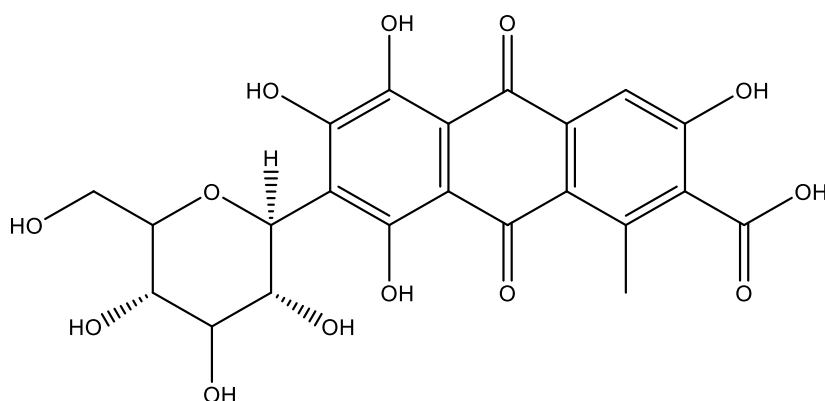


Figura 4 - Ácido carmínico



Em sua estrutura Química, ambos os compostos possuem o mesmo grupo cromóforo, uma antroquinona. Este grupo funcional confere a coloração vermelha à estas moléculas e, caso sejam modificadas suas ramificações, é possível alterar a coloração do corante, se houver a formação de novas conjugações.

Este exemplo foi dado aos alunos e os mesmos foram questionados se conseguiam identificar semelhanças entre as moléculas. Em uma primeira tentativa, esta semelhança não foi identificada por eles, porém, com persistência e auxílio do quadro negro, conseguiu-se alcançar o objetivo, proporcionando discussão acerca dos grupos funcionais e mudança de coloração. A imagem a seguir (figura 5) demonstra a realização da utilização do quadro negro pelo pesquisador:

Figura 5 - Utilização do slide como ferramenta didática



Fonte: Autoria própria

Ainda no segundo *slide*, conversou-se sobre a idade média e as rotas comerciais estabelecidas para a troca de corantes. Nesse contexto, o Brasil possui um grande marco histórico na produção e comércio de corantes naturais, tendo sido o *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) muito explorado em busca da brasilina, outro corante de tom avermelhado. Essa exploração foi feita durante os séculos XVI ao XIX pelos portugueses, e foi a primeira atividade econômica feita no Brasil. Essa extração foi tão intensa que quase extinguiu o pau-brasil.

Durante a aula, percebeu-se que esse aspecto da história dos corantes tocou os alunos por ser uma propriedade cultural brasileira, o que fez com que a troca com a turma fosse bem intensa, com contribuição dos estudantes, que complementaram com informações relevantes para a turma.

Ainda buscando trabalhar a cultura no qual os corantes estão inseridos, no terceiro *slide* abordou-se os povos originários brasileiros. Estes, que são a base da formação social e cultural do Brasil, possuem vasto conhecimento tradicional adquirido pela sua vivência em contato direto com a natureza. Por meio de testes, as comunidades indígenas adquiriram o conhecimento de tratamento de doenças, a experiência em caça e a conservação de alimentos.

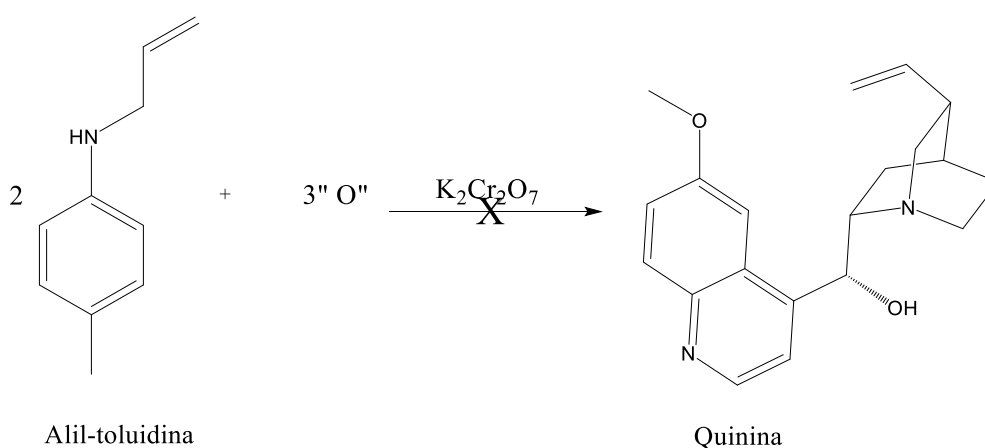
“Conhecimento tradicional é o conjunto de informações de povos indígenas e de comunidades tradicionais adquirido por meio de sua vivência junto à natureza e da observação e experimentação de procedimentos e resultados” (IPHAN, 2014).

Deste modo, os materiais colorantes também fazem parte da cultura de diversas comunidades indígenas: tem-se o urucum, a andiroba, a copaíba e o jenipapo como exemplos, além do pau-brasil. Os povos indígenas utilizam os corantes de diferentes maneiras, dada a sua pluralidade cultural. Ainda assim, o tingimento corporal e de tecidos é uma grande representação nas diversas comunidades. Outra forma de observar o uso dos corantes é na aplicação medicinal como forma de proteger a pele dos raios solares e como medicamentos caseiros (Vanuchi & Braibante, 2020).

O quarto *slide* foi dedicado aos corantes sintéticos, sua primeira descoberta e importância histórica e comercial. Nesse contexto, foi abordado o século XIX e as consequências que a segunda revolução industrial trouxe para a extração de corantes naturais. Com a segunda revolução industrial, a produção de tecidos cresceu consideravelmente – o contrário pode-se dizer da produção de corantes. Não foi possível acompanhar o crescimento de produção com o de tingimento, e, com isso, uma escassez de corantes começou a se estabelecer. Países como Índia e China, grandes produtoras de corantes naturais tentaram aumentar sua produção, mas não foi o suficiente.

Essa relação mudou no momento em que William Henry Perkin, em 1856, sintetizou acidentalmente o primeiro corante enquanto buscava sintetizar a quinina a partir da oxidação da alil-toluidina para o tratamento de malária (Oliveria & Szczerbowski, 2009). Primeiramente, Perkin falhou na síntese partindo da alil-toluidina como demonstra o Esquema a seguir (Oliveria & Szczerbowski, 2009, p. 1972):

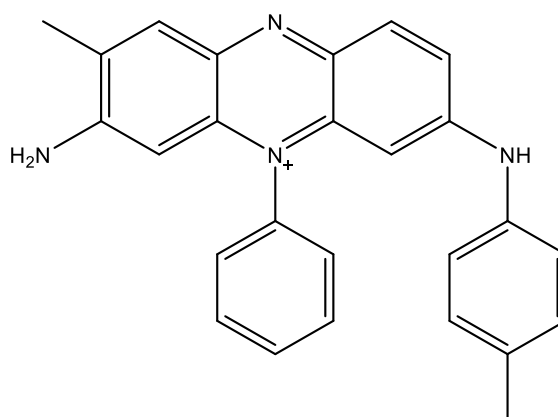
Esquema 7 - Oxidação da alil-toluidina



Em uma segunda tentativa, ele substituiu a alil-toluidina por sulfato de anilina, em geral contaminado com orto e para-toluidina, cuja síntese também não gerou o produto

desejado. Porém, ao tentar extrair e purificar com etanol os produtos da reação de oxidação, Perkin notou a formação de uma solução de coloração púrpura, que, ao isolar posteriormente tornou-se uma importante descoberta. Apesar de não obter sucesso na síntese da quinina, Perkin conseguiu um marco histórico ao produzir o primeiro corante sintético, a mauveína, uma mistura de componentes as quais a mauveína A é o principal correspondente com a estrutura Química a seguir (Figura 6):

Figura 6 - Mauveína A.



Esse processo deu início à era dos corantes sintéticos e a solução necessária para o problema de escassez enfrentado pela indústria têxtil. Além disso, o investimento na Química foi fortemente impulsionado, à medida que a demanda requereu investimento financeiro. A partir disso, diversas reações, mecanismos e técnicas foram exploradas e desvendadas, sendo a época especialmente importante para a Química Orgânica.

5.1.2 Material didático – Índigo

A partir do *slide* 6, a aula dedicou-se ao corante índigo, contemplando sua história, utilização, produção natural e sintética.

O índigo (anil) é um corante de cor azul e pouco solúvel em água, sendo caracterizado como corante vat. Sua obtenção remonta desde os antigos egípcios que, no papiro de Estocolmo (III d. C.) relatam o primeiro método de extração natural dessa tintura. (Schaefer, B. 2014. p.24)

Sendo extraído a partir de plantas como a *Isatis tinctoria* e *Indigofera tinctoria*, o índigo, junto ao azul do lápis-lazúli, desempenhou papel crucial como fonte de cor azul para tecidos e artes. Sua comercialização foi tão intensa que gerou uma escassez e o azul

passou a ser utilizado somente em pinturas consideradas sagradas, como a “*Madonna do jardim de rosas*” (1440–1442), pintada por Stefan Lochner (1410–1451), representada pela a figura a seguir (figura 7):

Figura 7 - Madonna do jardim de rosas (1440 – 1442) – Lochner, S.



Fonte: [Esta Foto](#) de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](#) e disponível em https://www.turkcewiki.org/wiki/Stefan_Lochner. Acessado 27 de outubro de 2023.

A abordagem desses conceitos históricos proporcionou a discussão acerca da Química presente nas artes e a relevância dos corantes para a sociedade, dando espaço para um conhecimento crescente e duradouro, que dialoga com aspectos do cotidiano, para além da mera exposição do conteúdo.

Além dos aspectos históricos já descritos, abordou-se também com os alunos o processo de extração e formação do índigo a partir do seu meio natural. As Figuras 8 e 9 mostram duas plantas utilizadas para extração:

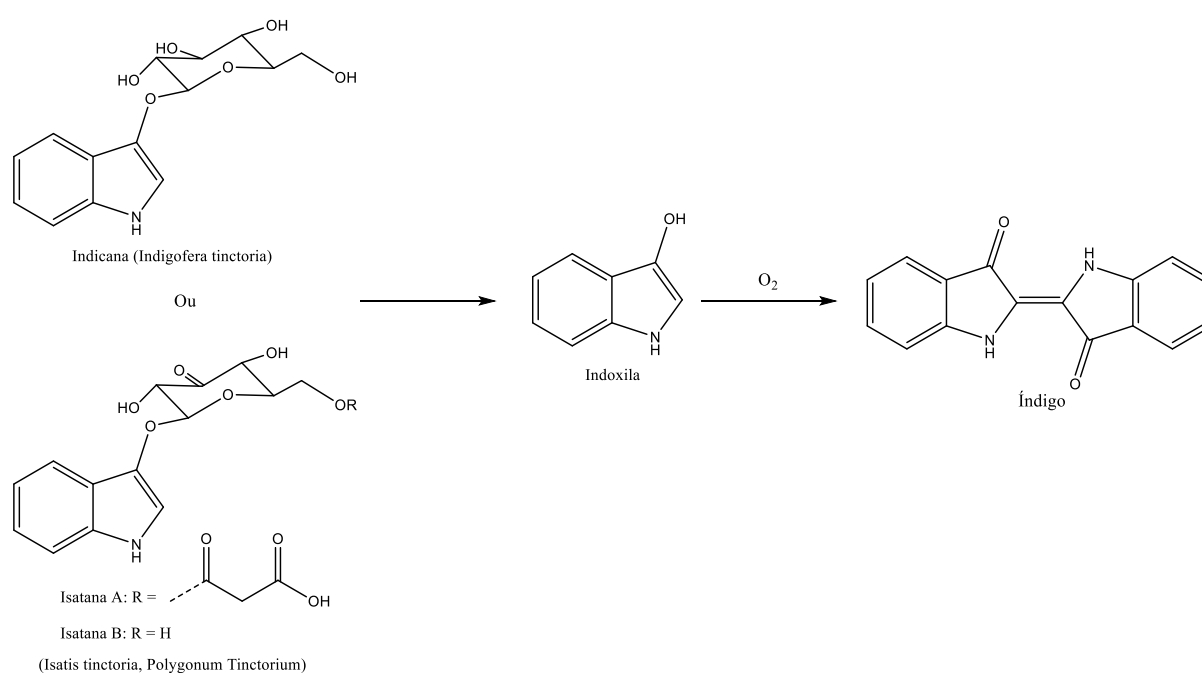
Figura 8 - *Isatis tinctoria*Figura 9 - *Indigofera tinctoria*

Fonte: Disponíveis em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Isatis_tinctoria e

https://pt.wikipedia.org/wiki/Indigofera_tinctoria Acessado em 17 de novembro de 2023. (CC BY-SA)

O processo químico foi explorado ao utilizar o esquema a seguir (Esquema 8e) para explicar o que ocorre durante a extração: (Schaefer, 2014, p. 25).

Esquema 8 - Processo químico de biossíntese do índigo



Por meio do Esquema 8 demonstrou-se que a biossíntese do índigo ocorre em duas etapas: primeiramente, a indoxila é produzida através de um processo de hidrólise causado pela catálise enzimática da indicana ou da isatana. Como segunda etapa, a indoxila é oxidada para índigo, através do oxigênio presente no ar.

Após a explicação da obtenção natural do índigo por meio da extração, abordou-se em sequência sua produção de maneira sintética, contemplando também os aspectos

históricos do desenvolvimento dessa síntese. Isso foi realizado ao elucidar a história por trás da obtenção do corante índigo como descrito no item 2.5, utilizando-se dos exemplos da síntese de Baeyer-Emmerling até Baeyer-Drewsen, como foco no que seria realizado em laboratório.

Para contextualizar a importância cultural do índigo, trabalhou-se os 150 anos da patente da calça jeans. Sendo ela do alemão Levi Strauss, fundador da marca Levi's, e do americano Jacob Davis, a calça jeans é um fenômeno na cultura popular e trazer esse conhecimento para os alunos enriqueceu de maneira significativa a aula. Foi observado que incluir esse elemento do cotidiano proporcionou forte ligação com o tema, por ser uma marca bem conhecida e um item do dia a dia.

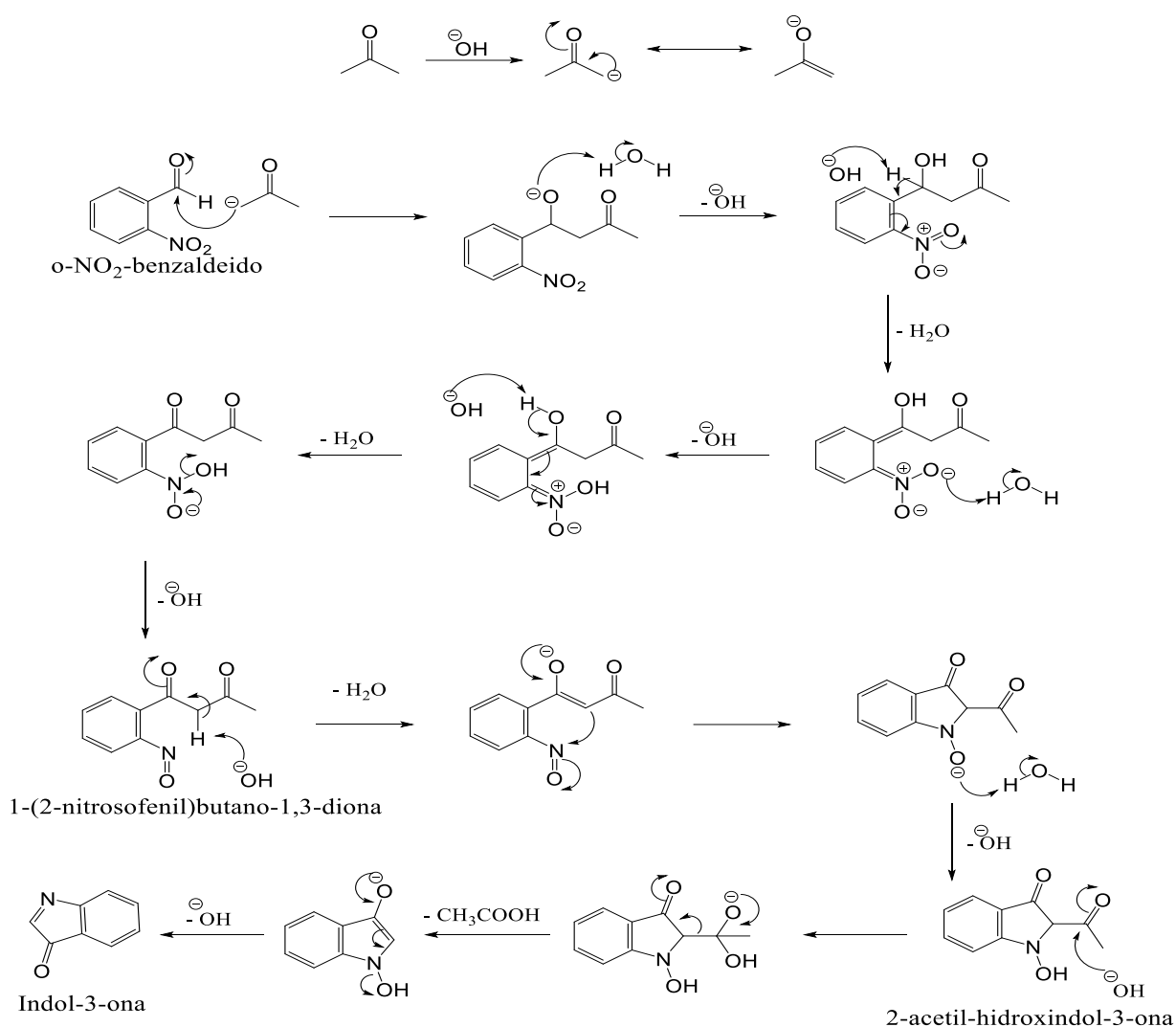
Ao aproximar o cotidiano do aluno com o conhecimento químico, não só se fez o conhecer o conteúdo, mas abordou-se a educação em outras esferas, dando significado para aquele conhecimento. Alcança-se a Alfabetização Científica quando a cultura não é dissociada do conhecimento, mas sim é unida e transmitida, permitindo com que o aluno se questione e se identifique como produto daquele meio, de acordo com Chassot (2003).

Isto ficou claro ao surgir questionamentos acerca do tingimento de calças, de perguntas sobre a produção de corantes, sobre o motivo da lavagem fazer com que a roupa perca a coloração e indagações que surgiram a partir das experiências cotidianas dos alunos.

Após a abordagem da HC utilizando o índigo, buscou-se explicar a síntese de Baeyer-Drewsen de maneira aprofundada, por se tratar de uma turma de graduação. Essa reação envolve reações de condensação aldólica e sequências de oxidações, uma vez que o meio é básico. Foi proposto como base no artigo de Sanchez-Viesla e Gomes (2016) o Esquema de intermediários da reação, que foi dividido em duas etapas.

A primeira etapa é caracterizada pela formação do indol-3-ona. Em meio básico a acetona é desprotonada para formar o carbânion, uma estrutura de ressonância do ânion enolato. Essa espécie formada é responsável pelo ataque nucleofílico na carbonila do o-nitrobenzaldeído, etapa presente em uma condensação aldólica, como pode ser observado no Esquema a seguir (Esquema 9):

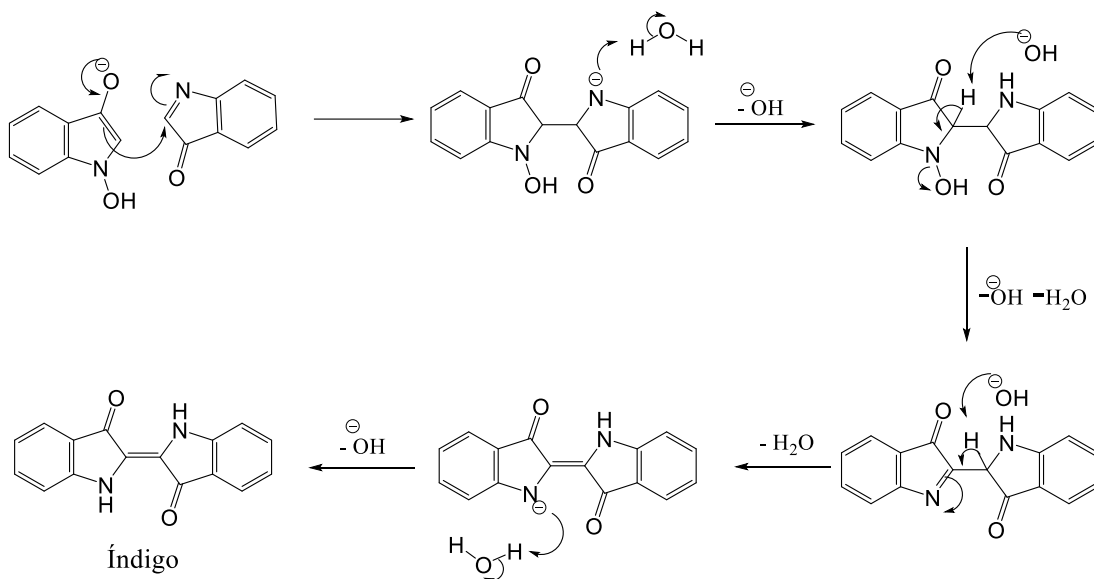
Esquema 9 - Esquema de intermediários: formação do indol-3-ona



Após ocorrer o ataque pelo carbânion, forma-se uma ligação carbono-carbono. Em seguida, há uma série de prototropismos com formação de água e sua desprotonação até a formação de um intermediário dicetona. Posteriormente, o grupo nitroso (RNO), que é um bom eletrófilo, reage via enolato para formação da 2-acetil-hidroindol-3-ona. O grupo acetil deste intermediário sofre ataque de um ânion hidroxila para posteriormente gerar ácido acético e um enolato que é rapidamente convertido na indol-3-ona.

A segunda etapa é a formação do índigo através da reação entre a indolona e seu enolato precursor, como demonstra o esquema a seguir (Esquema 10):

Esquema 10 - Esquema de intermediários: formação do índigo



É importante ressaltar que ocorre uma dimerização nesta etapa do Esquema de intermediário pela formação da ligação carbono-carbono, com sucessivas desprotonações até a formação do índigo.

O Esquema foi disponibilizado e trabalhado com os alunos durante a aula, porém, há uma grande quantidade de passos até a formação do índigo, o que resulta em uma explanação monótona e pouco interativa. A primeira aplicação na turma de Licenciatura em Química de imediato trouxe *feedbacks* em relação a essa etapa: notou-se que os alunos perdiam o interesse e divagavam no laboratório. Após a aula questionou-se para os estudantes sobre a utilização do Esquema e os mesmos retornaram que não havia necessidade dedicar tanto tempo para ela.

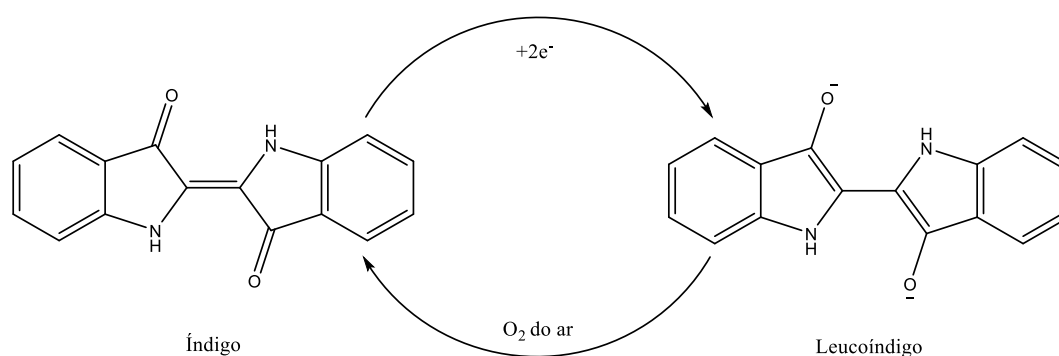
Apesar dessa etapa do ensino ser importante para a instrução da Química Orgânica, mesmo de maneira resumida, não foi possível conquistar bons resultados para reter a atenção dos alunos. Sendo assim, optou-se por resumir drasticamente o comentário detalhado da reação para observações pontuais nas aulas seguintes, como a formação do enolato no qual a acetona se encontra em meio básico, processo de condensação aldólica e a etapa final de formação do índigo pela dimerização.

Depois de trabalhar os aspectos da síntese do índigo, os alunos foram introduzidos ao conceito de corante vat e a dificuldade de solvatação dos mesmos. Isso abriu margem para discussão sobre corantes e pigmentos.

Uma questão foi colocada para os alunos: Se era melhor trabalhar com um corante insolúvel ou um corante solúvel. Prontamente os alunos responderam que o utilizar

solúvel era melhor para o tingimento. Porém, sendo o corante vat, algum método deveria ser adotado para alcançar a solubilidade. Para isso, o Esquema a seguir (Esquema 11) foi utilizado para ilustrar como o índigo poderia ser transformado em uma forma solúvel (Saikhao, *et al.*, 2018):

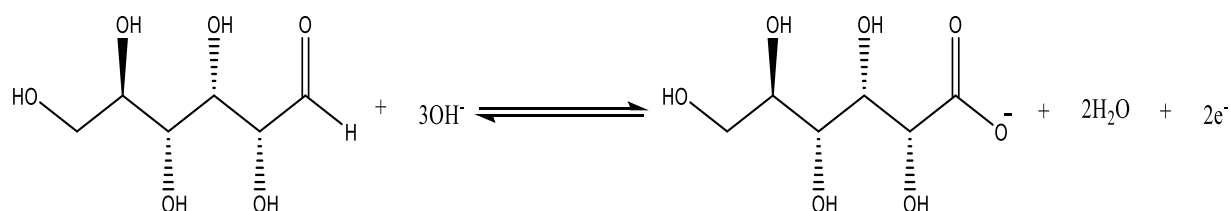
Esquema 11 - Redução do índigo a leucoíndigo



Os alunos prontamente visualizaram a possibilidade de reduzir o índigo para a forma de sal chamada leucoíndigo, bem mais solúvel em água. Isso permite uma melhor aplicabilidade do corante no processo de tingimento de tecidos, uma vez que aumenta o alcance do colorante ao possibilitar que ultrapasse as camadas do tecido por estar solúvel, gerando uma maior capacidade de interação Química com celulose.

Para o método de Baeyer-Drewsen o processo de redução do índigo é realizado com o ditonito de sódio, que, por sua vez, gera rejeitos altamente tóxicos para o meio ambiente. Por isso, optou-se em adaptar a redução através da utilização de um açúcar redutor, como mostra o Esquema a seguir: (Saikhao, *et al.*, 2018, p.107).

Esquema 12 - Oxidação da D-glicose

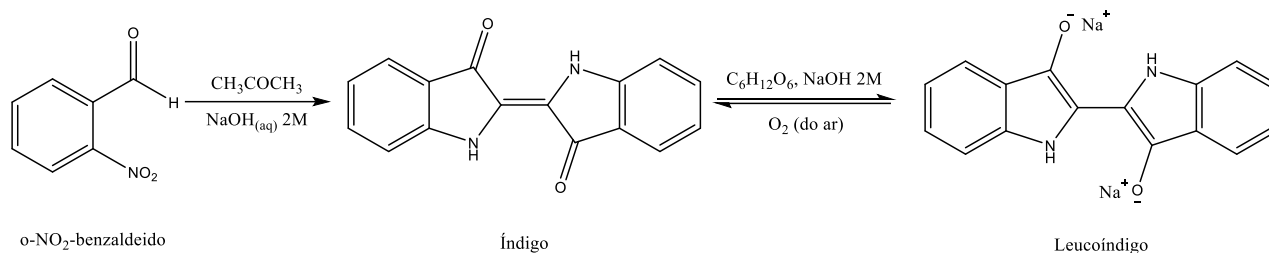


Em meio básico, a D-glicose é oxidada e transformada em gluconato seguido de ácido carboxílico. Nesse processo, libera-se água e dois elétrons. Esses elétrons são responsáveis, juntamente com a água, em reduzir o índigo para sua forma solúvel. Além

disso, o gluconato apresenta menor toxicidade ao meio ambiente comparado ao ditionito de sódio, sendo uma opção mais segura.

Por fim, o pesquisador fez um apanhado geral do que foi trabalhado na aula, para que todas as etapas fossem bem interligadas e para verificar se a abordagem levou sentido à prática. Um último Esquema de síntese (Esquema 13) foi trabalhado para efetivar o que seria vislumbrado na prática:

Esquema 13 - Síntese de Baeyer-Drewsen e redução a leucoíndigo



Foi necessário mencionar que a reação de redução do índigo utilizando glicose é um equilíbrio químico. Por isso, na presença de oxigênio, o leucoíndigo tende a ser oxidado de volta para índigo, sendo esperado que, somente após a algum tempo de aplicação, em torno de 5 minutos, os tecidos obtenham a coloração azul esperada.

5.1.3 Primeira aula prática – Licenciatura em Química

A turma de licenciatura foi a primeira em que a atividade proposta foi aplicada. Como consequência, os alunos teceram diversos *feedbacks* sobre os *slides* e o método de ensino, que contribuíram para o melhor desenvolvimento do material e da didática nas aulas seguintes.

Dentre eles, foi pontuado a necessidade de uma maior abordagem da história dos corantes no Brasil, tendo em vista que ele é um país vasto e extremamente rico nos mais diversificados nichos culturais, por isso, contemplar o material com mais exemplos de produção cultural regional seria fundamental para o processo de aproximação dos alunos com o ensino.

Além disso, uma observação do pesquisador evidenciou que a abordagem detalhada do Esquema de intermediários desviou a atenção dos alunos, bem como foi relatado no item 5.1.2. A turma em consenso retornou que essa etapa ocupou muito tempo da aula e foi pouco proveitosa para o objetivo geral. Por consequência, o pesquisador optou por diminuir o tempo do Esquema nas turmas seguintes para manter a dinâmica

interativa da aula, tocando apenas nos pontos mais relevantes, mas sem deixar de trabalhar o conteúdo pertinente para a disciplina.

5.1.4 Natureza da Ciência inserida na contextualização histórica

Assim como disse Moura (2014), o conhecimento científico não está enclausurado em uma bolha – ele é produto do meio em que está inserido. Com essa perspectiva, o material didático foi elaborado e cada aspecto pensando a fim de contemplar a inserção da discussão na experimentação.

A contextualização histórica utilizada buscou associar o ensino de conteúdo com discussões relevantes presentes na história e no cotidiano do aluno para alcançar a alfabetização científica. Pensou-se na utilização da história por trás dos corantes naturais como forma de relacionar o passado com o conhecimento produzido pelos povos antigos e sua relevância para a Química do presente. Essa inserção foi feita pelo histórico, principalmente dos povos egípcios, que foram pioneiros na utilização de corantes.

Os alunos foram inseridos gradualmente conforme o trabalho aproximava-se do presente, sendo o ápice da interação ocorrendo através da discussão gerada pela exploração do pau-brasil. Evidencia-se então o caráter social presente na Química e como ela influenciou transformações diretas na sociedade.

Pela discussão dos corantes sintéticos buscou-se evidenciar o caráter econômico presente na exploração da Química e no seu desenvolvimento. A partir da descoberta acidental da mauveína, houve um investimento para a produção de corantes que beneficiou e proporcionou evolução para a ciência, principalmente para a indústria de produção de fármacos, com a pesquisa e advento de novas rotas sintéticas orgânicas.

Outro aspecto importante oferecido aos alunos foi o conhecimento da não linearidade da ciência. Isso quer dizer que, nem sempre o objetivo teorizado será alcançado a partir de experiências. Foi dessa maneira com Perkin e a descoberta da mauveína. O que vai totalmente em contraponto com a visão positivista da ciência que considera como conhecimento científico aquele que é planejado e rigorosamente testado, ou seja, não há espaço para acidentes.

A partir dessa abordagem, coloca-se em evidência aspectos importantes da construção da ciência; nota-se que ela não é constante e livre de imperfeições, evidencia-se que é produto do meio em que está inserido; demonstra-se que os conhecimentos do passado são relevantes para o presente; e que a Química está inserida no meio social,

diferente da crença positivista de uma construção intelectual contínua e independente da influência da sociedade e do tempo que está inserido.

5.2 ATIVIDADE PRÁTICA

A segunda etapa da atividade foi a experimentação do corante índigo. Ela foi realizada de acordo com o item 4.8 em todas as turmas, imediatamente após a contextualização histórica.

Para a síntese, distribuiu-se o roteiro da prática (apêndice D), que foi dividido em três momentos:

- 1°- A síntese do corante índigo;
- 2°- A redução do corante para leucoíndigo;
- 3°- Confeção do *tie-dye* e tingimento.

Os alunos formaram instruídos a formar grupos de dois ou três membros, dependendo da quantidade de estudantes presentes na prática e foram guiados para realizar o experimento com a instrução do pesquisador e o roteiro como guia.

5.2.1 Adaptação do procedimento experimental

A síntese do corante foi adaptada para os laboratórios de Química Orgânica Experimental II da UFRJ, utilizando como parâmetro o capítulo de Simão (2017). No livro, evidencia-se a formação de enolatos, reação aldólica e reação de oxirredução. A reação é feita em duas etapas: primeiro o índigo é produzido em um balão de fundo redondo utilizando solução de hidróxido de sódio 2M, acetona e 2-nitrobenzaldeído. Esse processo não necessita de aquecimento e leva 40 minutos para ser concluído. A segunda etapa é o tingimento de algodão. Para isso, o Índigo é filtrado e seco sob aquecimento de 100-120°C por 30 minutos, e então é feita uma pasta com a utilização de etanol e o sólido é reduzido pelo uso de uma solução aquosa de ditonito de sódio. Por fim, o algodão é imerso na solução e permanece por 1h sob aquecimento de 50°C. (Simão, 2017, p. 363-364).

Apesar de ser o método tradicional de uso em laboratórios de graduação, o tempo consumido para a prática ocuparia as 2 horas de laboratório, esse foi um dos motivos para decidir adaptar a síntese, a fim de disponibilizar o tempo inicial da aula para a contextualização histórica.

Outro ponto importante da adaptação foi a exclusão da etapa de isolamento do corante para a redução e, posteriormente, o tingimento. Uma vez que, o consumo de

tempo e a quantidade de vidrarias utilizadas nessa etapa tornariam o processo mais lento e a limpeza dos materiais mais custosa. Por isso, decidiu-se averiguar a possibilidade de uma síntese *one-pot*.

Com esse objetivo, o pesquisador realizou a síntese em seu laboratório, buscando otimizar as quantidades de reagentes utilizados, o melhor recipiente para a reação e a forma mais segura para realizar o procedimento. Para isso, utilizou-se dos meses de fevereiro até abril de 2023 para encontrar as melhores condições de reação.

Em um primeiro momento, analisou-se a possibilidade de uma síntese *one-pot*. Com esse objetivo, as quantidades padrões reportadas por Simão foram reduzidas, mantendo a proporção estequiométrica, para preservar a quantidade de reagente utilizado nos testes. Outro diferencial foi que não houve isolamento do índigo para a redução à sua forma leuco.

A reação de síntese do índigo ocorreu de maneira favorável, porém, não houve bons resultados para as primeiras tentativas de tingimento com a utilização de ditonita de sódio. Uma vez que, o tingimento dos tecidos não ocorreu de maneira eficiente, apresentando coloração fraca.

Notou-se, em um segundo momento, o potencial tóxico ao meio ambiente da utilização de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ por conta do artigo de Koga, N.; Oliveira, A.H.A.; Sakamoto, K. (2008). Os autores apresentaram uma possível solução para substituir o reagente de redução por açúcar redutor, sendo assim, o pesquisador optou pela utilização de D-glicose para realizar a reação de oxirredução *one-pot*.

Para essa adaptação, o artigo de Koga foi utilizado como parâmetro inicial de concentração. Nele, determina-se uma reação de oxirredução dentre 0,05g de índigo utilizando solução 1M de hidróxido de sódio e 1g de açúcar redutor. Sendo assim, as concentrações de 2-nitrobenzaldeído e acetona foram modificadas para gerar aproximadamente a quantidade de corante estipulada no artigo.

Houve sucesso parcial nesta tentativa de síntese *one-pot*, já que, o tingimento do tecido de algodão através da sua imersão na solução reacional foi capaz de tingir levemente o tecido e, após lavagem com água corrente, a leve coloração azul permaneceu.

Pensou-se em três possibilidades para aumentar o efeito do corante no tecido, sendo elas:

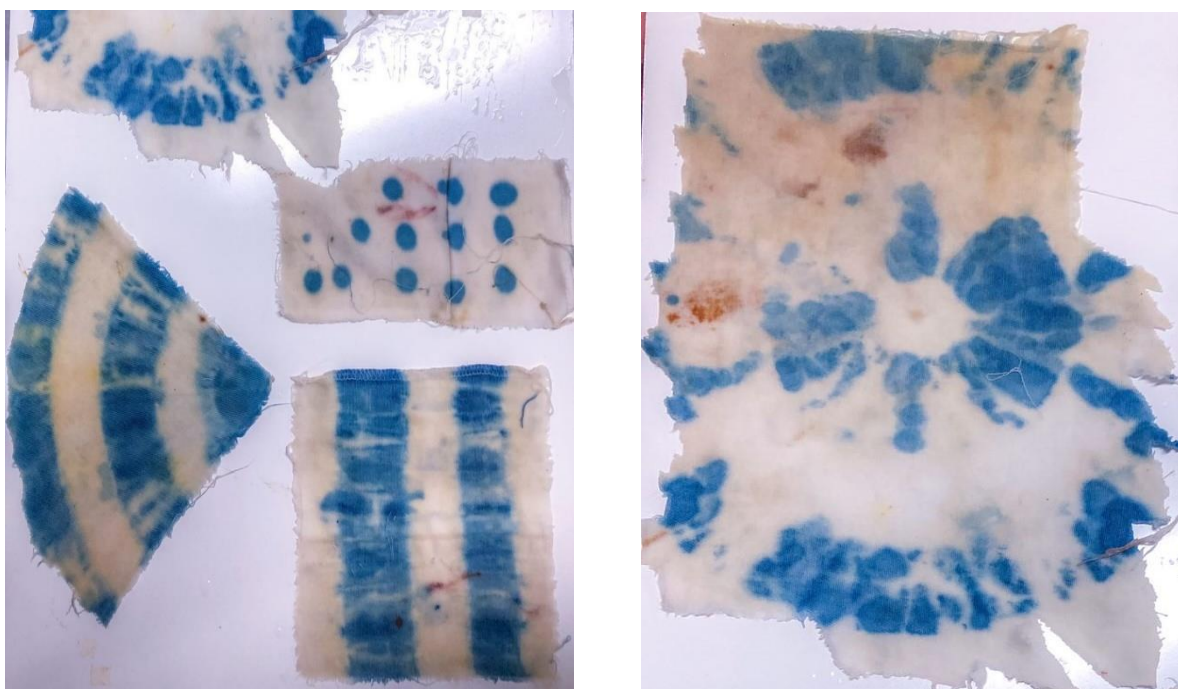
- 1° - Aumentar a quantidade de índigo produzido na etapa inicial de reação;
- 2° - Aumentar a concentração de hidróxido de sódio para 2M;
- 3° - Aumentar a quantidade de D-glicose para garantir a redução de todo índigo.

A reação de formação do índigo é relatada com 65-75% de rendimento em média (Simão, 2017). Por isso, esperava-se que com o aumento estequiométrico dos reagentes, mais leucoíndigo seria formado na etapa de redução e, por consequência, maior seria a retenção de corante no tecido. Apesar disso, não foi o resultado observado após os testes e fraca coloração azul foi obtida.

A segunda tentativa foi retornar a molaridade da solução de hidróxido de sódio para 2M como estipulou o trabalho de Simão (2017). O resultado obtido de síntese e redução do corante foi consideravelmente melhor, sendo observado uma coloração mais nítida nos tecidos de algodão.

Por fim, foi relatado no artigo de Koga *et al* (2008) uma melhoria ao utilizar três gramas de D – glicose ao invés de um grama para a quantidade de índigo estabelecida por eles. Otimizou-se a reação para essas condições e, de fato, o tecido adquiriu tons fortes de azul, como demonstra a imagem a seguir (Figura 10):

Figura 10 - Primeira aplicação bem sucedida



Fonte: Autoria própria

A aplicação nos tecidos foi feita pelo método de *tie-dye* com auxílio de pipeta Pasteur, a fim de verificar se a utilização da técnica seria válida nas turmas de graduação. Pela Figura 10 é possível notar que o tecido adotou tonalidade azul intensa proveniente do índigo, porém, também há presença de uma coloração caramelo, decorrente da D-

glicose presente na solução. Foi observado que, com sucessivas lavagens em água corrente, o açúcar é solubilizado e o tom caramelo se esvai do tecido, obtendo-se um tecido azul limpo.

Dessa maneira, sucessivos testes foram feitos com a mesma quantidade de reagentes, todos eles bem-sucedidos, dando origem ao roteiro disponibilizado para os alunos (apêndice D).

Restou mudar a aparelhagem de síntese do corante, que foi facilmente resolvido através da adoção de tubos Falcon como recipiente reacional, porque sua aquisição é menos custosa, são pouco utilizados em laboratório educacional em relação às vidrarias convencionais e possuem tampas, o que facilita no processo de agitação manual, escolhida no experimento em substituição de barras magnéticas. Uma vez que, sua utilização implicaria em uma adesão forte do corante na superfície dos agitadores, dificultando sua reutilização para próximas sínteses nos laboratórios educativos.

Portanto, obteve-se um método com economia de tempo, mais limpo e, principalmente, substituiu-se o uso de ditionito de sódio por açúcar redutor, deixando os rejeitos menos tóxicos.

5.2.2 Primeira aplicação: Turma de licenciatura em Química

A turma de Licenciatura em Química serviu como modelo de aplicação da atividade proposta para as demais turmas. A partir dessa atividade foram coletados os primeiros resultados acerca da eficiência do método proposto, bem como a efetividade da síntese do índigo adaptada para a UFRJ.

A intervenção foi realizada pelo pesquisador e pelo professor regente da turma. Sete alunos estavam presentes em sala durante a atividade, dessa maneira, formou-se dois grupos contendo dois alunos e um grupo com três.

Os alunos foram orientados a montar um sistema simples de aquecimento com banho maria e placa de aquecimento, para adiantar a etapa dois de redução do índigo à leucoíndigo, uma vez que é necessário um aquecimento de 80°C. Após a montagem do sistema de aquecimento, cada grupo recolheu um tubo Falcon e um termômetro para monitorar a temperatura do banho.

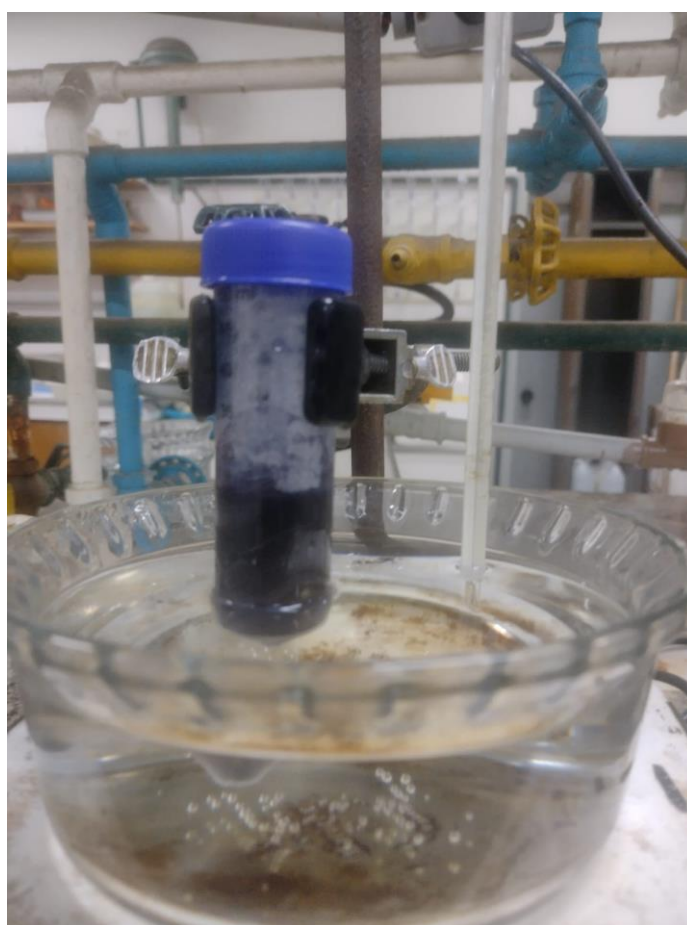
Duas capelas foram dispostas aos alunos com todos os reagentes e solventes líquidos, as seringas de cada um permaneceram etiquetados com o nome correspondente

ao frasco. Além disso, balanças digitais de precisão supriram a demanda de pesagem do 2-nitrobenzaldeído.

Após todos os reagentes serem vertidos no tubo de polipropileno, o índigo imediatamente é formado e um sólido de coloração azul encontra-se em suspensão, dando à solução uma coloração característica. Os estudantes então realizaram agitação mecânica do tubo fechado por dez minutos, a fim de garantir o maior rendimento possível.

Deu-se início a segunda etapa de reação: a redução do índigo à sua forma leuco. Para isso, cada aluno aferiu se a temperatura do banho havia alcançado ao menos 80°C. Ao chegar nessa temperatura, o seguinte sistema foi montado (Figura 11):

Figura 11 - Sistema reacional para reação de oxirredução



Fonte: Autoria própria.

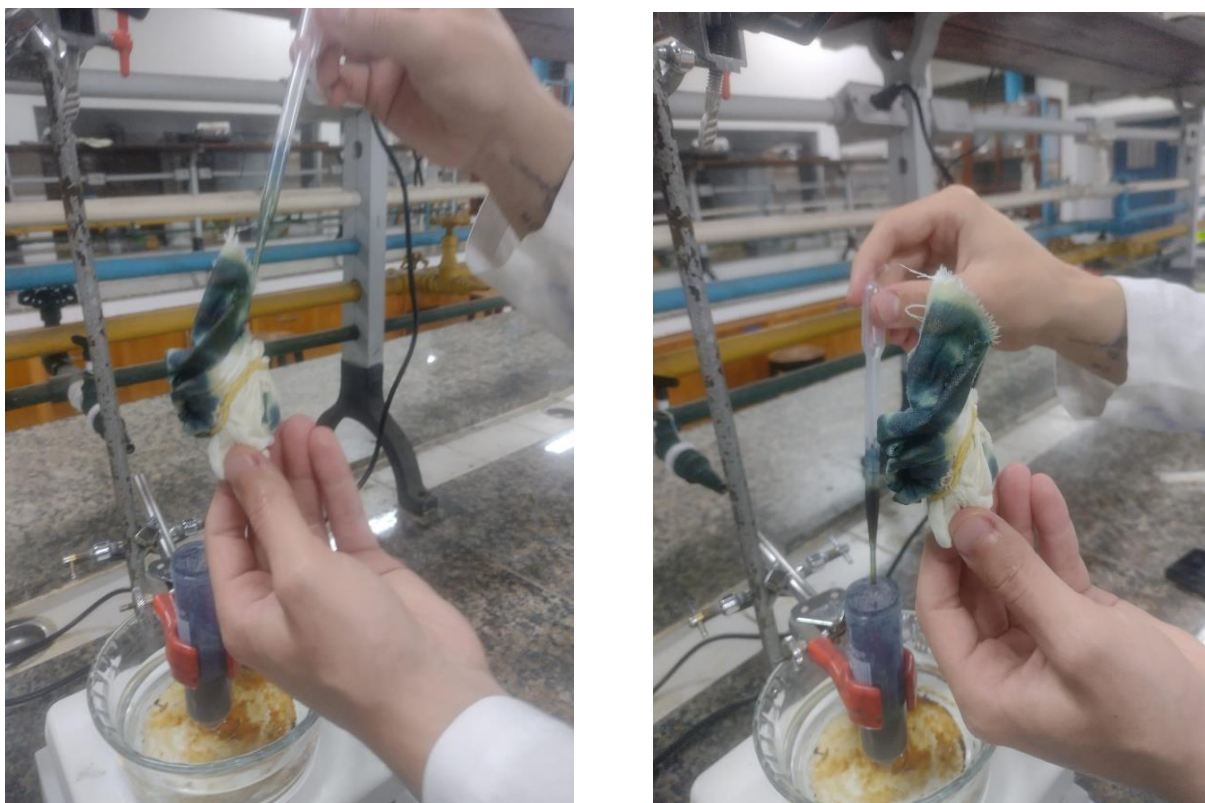
A Figura 11 representa o sistema reacional feito na reação de redução do índigo pelos alunos de LQ. É importante notar que é uma aparelhagem simples e de fácil acesso para laboratórios educacionais de graduação, pois foi necessário apenas uma haste e uma garra para manter o tubo em banho maria e uma placa de aquecimento.

Na imagem, percebe-se a presença do termômetro para o controle da temperatura e a coloração da solução contida no tubo Falcon. Essa coloração é característica do índigo em suspensão, por isso, é esperado para a reação oxirredução a gradual diminuição do tom roxo até uma cor caramelo tomar lugar. Quando isso ocorrer, não será visível a presença de índigo, pois esse estará solúvel em sua forma leuco.

É possível notar pela imagem que a garra está segurando diretamente o corpo do tubo Falcon e como há acetona presente no meio e o sistema está sob aquecimento, pediu-se para que a pressão interna do tubo fosse aliviada de tempos em tempos.

Após oxirredução ser completa, após 20 minutos de reação, os alunos realizaram o tingimento pela técnica *tie-dye* com os tecidos de algodão distribuídos. A imagem a seguir (Figura 12) é a demonstração da aplicação do corante feita por um dos alunos de graduação. O registro da imagem foi previamente autorizado pelo aluno.

Figura 12 - Tingimento de tecido de algodão



Fonte: Autoria própria.

O tingimento foi feito pela adição direta da solução no tecido, por meio de uma pipeta, como a imagem demonstra. É perceptível que o tecido está amarrado na posição desejada seguindo o referencial de *tie-dye* distribuído aos alunos.

Para a adição, foi necessário manter o sistema sob constante aquecimento para que o equilíbrio químico não transformasse o leucoíndigo em índigo. Após gotejar a solução

no tecido, o índigo começou a ser formado, o que é notório pela coloração azul no tecido. Ainda assim, é esperado que tons caramelo sejam observados imediatamente após a aplicação.

A pipeta utilizada para o processo de tingimento teve o corante fixado em sua superfície, por isso, elas foram reutilizadas em todas as práticas posteriores com as turmas da EQ e da FF, mas não foram utilizadas em outras práticas que ocorreram nesse laboratório.

O tecido descansou exposto ao oxigênio presente no ar por alguns minutos, a fim de oxidar a forma leuco para o índigo, como demonstra a imagem a seguir (Figura 13):

Figura 13 - Tecido tingido



Fonte: A autoria própria.

Na Figura 13, a presença da coloração caramelo ainda está bem evidente, sendo gradualmente substituído pelo azul do Índigo ao ser exposto no ar. Após esse tempo de exposição, retirou-se a amarração e o tecido foi lavado até eliminar boa parte da glicose, que é solúvel em água. O resultado para a turma de licenciatura é exposto a seguir (Figura 14):

Figura 14 - Tie-Dye (LQ)



Fonte: Autoria própria.

O tingimento realizado pela turma ocorreu de maneira satisfatória, sendo que, em um caso houve uma baixa incorporação do índigo no tecido, o que pode ter sido ocasionado por pouco tempo de reação redox ou o tingimento ter sido realizado fora do aquecimento. Apesar disso, foi uma ótima oportunidade para discutir possíveis problemas da reação de Baeyer-Drewsen e a redução do Índigo.

Outras discussões acerca da oxidação do corante, tingimento de tecidos e perda de coloração de roupas tomaram lugar no laboratório. Com isso, ficou claro o potencial da utilização do índigo como tema estruturador de aula.

Sua aplicação aproxima o cotidiano dos alunos, trazendo aspectos do dia a dia de cada um deles. Desta maneira, diferentes questionamentos são alimentados, tornando o aprendizado mais rico e, quando o aluno dá significado ao aprendizado, ele se aproxima de alcançar a Alfabetização Científica.

5.2.3 Aplicação da experimentação com ajustes

Para as aplicações seguintes, ajustes foram feitos pelo pesquisador, seguindo os relatos dos alunos de Licenciatura e observações feitas em laboratório. Notou-se a possibilidade de substituir a o reagente D-glicose utilizado na redução por xarope de glicose comercial, fazendo com que a experimentação abordasse mais aspectos do dia a dia dos alunos. Além disso, é mais fácil solubilizar o xarope de glicose que a D-glicose sólida.

Com esse objetivo de substituição, alguns testes foram feitos em laboratório dias após a aula da turma de Licenciatura em Química. Adotou-se todos os passos do roteiro desenvolvido. Porém, a redução foi feita com a adição de uma colher de sobremesa de xarope de glicose. Essa troca se justifica, pois, a porção de 20g do xarope comercial obtido contém 16g de glicose, dessa maneira, a concentração de açúcar redutor presente no sistema permanece alto.

Os testes foram bem sucedidos em laboratório e, dessa forma, decidiu-se disponibilizar aos alunos a possibilidade de utilização do xarope de glicose para a reação de oxirredução.

Mediante à intervenção, o pesquisador decidiu fazer outras alterações. Ao início da aula pediu-se para que os alunos montassem o sistema reacional com aquecimento e, durante a etapa de redução disponibilizou-se o xarope de glicose e a D-glicose, para que os alunos escolhessem qual utilizar, sendo dito de antemão que ambos funcionariam para a reação.

A grande maioria dos alunos optou pela utilização do xarope de glicose como fonte de açúcar redutor. Uma possibilidade para isso é a maior facilidade de adição ao sistema, já que eles não precisariam pesar a D-glicose. A outra possibilidade é a curiosidade para conferir se um item do dia a dia funciona para reações Químicas. O resultado da aplicação dos alunos está evidenciado nas imagens a seguir (figuras 15 e 16):

Figura 15 - Tie-Dye (EQF)



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Tie-Dye (EQP)



Fonte: Autoria própria.

Com a adaptação do procedimento, aproveitou-se melhor o tempo de reação para abordar discussões com relação à síntese e o processo de equilíbrio químico estabelecido na redução do índigo para leucoíndigo. Além disso, a alteração do uso de D-glicose para o xarope mostrou-se muito proveitosa, principalmente pela obtenção de ótimos resultados de síntese e a inserção de item do cotidiano no laboratório educacional.

O trabalho com os corantes gerou rejeitos orgânicos, bem como em todas as experimentações feitas na disciplina. Dessa forma, aproveitou-se o descarte de corantes presente no laboratório para que os resíduos da síntese encontrassem o devido local. Dessa forma, pôde-se minimizar os custos evitando a criação de um novo rejeito.

Portanto, a experimentação do índigo feita *one-pot* permite diversas abordagens e aplicações para os alunos. É possível inserir a discussão de Química Verde, Química no Cotidiano, História da Química e outros conteúdos importantes para a alfabetização científica do estudante de Química. Já no campo teórico, as reações de condensação aldólica, equilíbrio químico, tautomeria e reação de oxirredução podem ser abordados. O

equilíbrio químico é facilmente observado pelos alunos quando o leucoíndigo é oxidado após o tingimento e retorna o corante, essa característica é demonstrada pela coloração azul. Já os outros aspectos da síntese não são tão evidentes, uma vez que não se fez testes de caracterização Química ou física das amostras.

5.3 ANÁLISE QUALITATIVA DOS QUESTIONÁRIOS

Da coleta dos questionários, participaram as turmas de LQ, EQN e EQP. O registro foi feito de maneira escrita e coletada pelo pesquisador nos tempos determinados no item 4.6, ou seja, pré-intervenção e pós-intervenção.

A metodologia utilizada para avaliar os registros foi a Análise de Conteúdo de Bardin (1977), definida como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

(Bardin, 1977, p.42)

Nesse sentido, busca-se a utilização de técnicas que sistematizem os conteúdos respondidos pelos alunos nos questionários recolhidas e tragam significado para eles. Para isso, deduções lógicas e justificadas através do referencial teórico serão abordadas ao longo da Análise de Conteúdo.

Escolheu-se a análise qualitativa dos dados obtidos pois é possível alcançar características particulares no discurso dos estudantes que não seriam possíveis em uma análise quantitativa. Outro benefício é o trabalho com contingentes reduzidos de dados, sendo pertinente a utilização para alcançar os objetivos estabelecidos em uma amostra pequena, porém, relevante, sendo elas as turmas noturnas de Química Orgânica Experimental II de 2023.1.

A análise de dados foi realizada por meio da categorização das respostas recolhidas pré- e pós-intervenção. Define-se como categorização o ato de classificar elementos, diferenciá-los e agrupá-los em conjuntos com sentidos definidos antecipadamente, ou seja, dar sentido às respostas e relaciona-las com um discurso comum (Bardin, 1977).

Dessa maneira, realizou-se a categorização dos dados obtidos e sua análise qualitativa foi feita com base na frequência de aparições das categorias de discurso, segundo Bardin (1977):

Uma medida frequencial em que todas as aparições possuem o mesmo peso; postula que todos os elementos têm uma importância igual. [...] . É preciso lembrarmos de que ela assenta no pressuposto implícito seguinte: a aparição de um item de sentido ou de expressão, será tanto mais significativa em relação ao que procura atingir na descrição ou na interpretação da realidade visada- quanto mais esta frequência se repetir.

(Bardin, 1977, p.109)

Justifica-se utilizar frequência em uma avaliação qualitativa, mais uma vez através de Bardin (1977):

[...] precisemos que a análise qualitativa não rejeita toda e qualquer forma de quantificação. Somente os índices é que são retidos de maneira não frequencial, podendo o analista recorrer a testes quantitativos: por exemplo, a aparição de índices similares em discursos semelhantes. Em conclusão, pode dizer-se que o que caracteriza a análise qualitativa é o facto de a «inferência- sempre que é realizada- ser fundada na presença do índice (tema, palavra, personagem, etc.), e não sobre a frequência da sua aparição, em cada comunicação individual.

(Bardin, 1977, p.115-116)

Sendo assim, a frequência torna-se uma ferramenta auxiliar para a análise qualitativa. A análise, por sua vez, se fundamenta no sentido do discurso expresso pelos alunos durante a resposta do questionário, logo, o contexto e as palavras utilizadas são prioridade para a avaliação.

5.3.1 Questões pré-intervenção

Duas perguntas foram feitas aos alunos antes da aplicação da atividade. Através delas buscou-se compreender a concepção e expectativa dos alunos em relação às aulas experimentais. As seguintes perguntas foram escritas em quadro para que cada aluno respondesse e entregasse imediatamente antes da intervenção:

Questão 1a – O que você espera de uma aula experimental?

Questão 1b – Na sua concepção, qual o papel da aula experimental no ensino de Química?

Ambas as questões foram pensadas sobre a aula experimental: a primeira permitiu a análise do que o aluno ansiava em uma aula experimental, seus objetivos em laboratório e sua visão de uma experimentação. Por sua vez, a segunda questão trabalhou especificamente a visão dos estudantes sobre o ensino de Química, sua relevância e contribuição para a educação do profissional.

Nesse contexto, foi possível delimitar, qualitativamente, a concepção dos alunos de Química Orgânica Experimental II sobre a experimentação através de respostas discursivas coletadas em aula.

Todas as turmas foram analisadas de maneira conjunta, ou seja, não houve diferenciação em LQ, EQN e EQP. Esse modo analítico é justificado, pois a amostragem foi feita pensando nos alunos que cursam a disciplina de Química Orgânica Experimental II da UFRJ, sendo assim, trabalhar todos os cursos permite uma ampla visão da concepção dos alunos e como o ensino de Química na graduação influencia no mesmo.

Uma leitura flutuante demonstrou que as repostas da questão 1a possuíam um viés pessoal do aluno, sua expectativa em uma aula experimental, o que buscam aprender e o que é relevante. Assim como foi a intenção da pergunta. Isto se reflete na presença de palavras-chave e frases-chave como: “espero”, “que possamos colocar”, “ver”.

Já a questão 1b era mais reflexiva, podendo ser expressa de forma mais ampla, já que tratava da importância da experimentação para o ensino de Química. Sendo assim, o estudante mobilizou-se para refletir acerca do benefício educacional de uma atividade prática. Essa característica de percepção dos alunos era demonstrada nas respostas quando elencavam a relevância da aula experimental para o ensino.

Duas tabelas referentes as questões 1a e 1b foram elaboradas para expressar as respostas discursivas dos alunos e facilitar o processo de análise. Os códigos iguais nas diferentes tabelas representam a resposta de um mesmo aluno, porém, foram estabelecidas pelo pesquisador a fim de preservar a identidade dos estudantes que participaram e seus respectivos cursos. Nesse sentido, os códigos são representados com a letra maiúscula “A” referindo-se a aluno e uma numeração guia. As tabelas estão representadas nos anexos A e B, sendo eles referentes a questão 1a e 1b respectivamente.

5.3.1.1 Categorização (Questão 1a e 1b)

Quadro 1 - Categorias encontradas após análise de conteúdo de Bardin (1977)

Categoria	Descrição
Relação experimentação e teoria	Se enquadram nessa categoria as respostas que demonstravam a expectativa de encontrar nas aulas laboratoriais o respaldo teórico visto nas disciplinas complementares, no caso destes estudantes, a Química Orgânica II da UFRJ.
Desenvolvimento de habilidades e técnicas laboratoriais	Se enquadram nessa categoria as respostas que visam a aprendizagem de habilidades e técnicas laboratoriais para o preparo de um profissional mais capacitado, seja para lidar com procedimentos experimentais ou para fins educativos.
Química no cotidiano	Nessa categoria há a expectativa do aluno de uma associação entre o seu cotidiano com a prática realizada em laboratório. Através da resposta, o estudante demonstra o desejo de relacionar a Química com o seu dia a dia, tornando a aula mais interessante.
Consolidação do conhecimento (questão 1a)	Para essa categoria, as respostas dos alunos indicam que a aula experimental auxilia no processo de absorção e retenção do conteúdo. Por isso, para esses alunos, a prática atua como um reforço para as aulas teóricas consolidando o conteúdo já visto e proporcionando um contato diferente com o mesmo.
Motivação e engajamento (questão 1b)	Se enquadraram nesta categoria as respostas pelo qual os alunos demonstraram que a experimentação auxiliava no processo de aprendizado, pois motivava os alunos através de uma abordagem mais dinâmica e interativa.
Outro	Essa é uma categoria geral que engloba respostas que apareceram como tendência única, sendo expressas por um único aluno. Por isso, não cabem em uma categoria própria e foram tratadas separadamente.

Fonte: autoria própria

Relação experimentação e teoria

As palavras-chave utilizadas como fonte de categorização foram: teoria, experimental, prática, teórico, associar e relacionar.

Essa categoria demonstrou a necessidade dos alunos em trabalhar aspectos teóricos durante o processo de experimentação. Para eles, a teoria é indissociável da prática, sendo uma ferramenta para sua compreensão, bem como demonstram os recortes a seguir:

A3 – “Aprender na prática o conteúdo teórico da disciplina”.

A11 – “Ver na prática todos os conceitos teóricos abordados”.

A21 – “A observação de um conceito teórico na prática”.

Por sua vez, alguns alunos apresentavam uma visão de que a prática é utilizada como via de comprovação da teoria, ou seja, a realização da experimentação e sua observação validava o conteúdo ensinado nas disciplinas teóricas correspondentes. Possuem essas características as respostas:

A9 – “Aprender a utilizar as vidrarias do laboratório, comprovar as reações estudadas na teoria e ter uma experiência na indústria Química”.

A20 – “Relacionar conceitos teóricos de uma disciplina com a prática. Além de realizar experimentos para descobrir e fomentar novas teorias. A prática em uma via de mão dupla com a teoria”.

Nesse contexto, a experimentação tem o papel de auxiliar no processo de aprendizagem do conteúdo teórico, atuando como elucidativa e, sobretudo, tornando tangível e observável a teoria. Como demonstram as respostas a seguir:

A8 – “Enxergar o que é ensinado na aula”.

A22 – “Ver os conhecimentos na prática”.

Desenvolvimento de habilidades e técnicas laboratoriais

As palavras-chave utilizadas como fonte de categorização foram: técnica, profissional, profissão, habilidade e preparo.

Os alunos que se enquadram nessa categoria demonstraram a importância das aulas experimentais para o preparo de sua vida profissional, sendo um caminho para o aprendizado de habilidades e técnicas específicas de laboratório, como a utilização de vidrarias, a segurança no trabalho e o aprendizado de novas reações orgânicas. A seguir, respostas que evidenciam essa categorização:

A4 – “Espero praticar e obter conhecimento prático das técnicas, dos processos e condições envolvidos no experimento”.

A24 – “Que seja possível aprender técnicas laboratoriais de maneira eficiente, assim como é feito na indústria Química”.

Dessa forma, evidencia-se que a aula experimental é caminho para a formação profissional na concepção desses alunos, através do ensino de habilidades necessárias para seu crescimento individual.

Química no cotidiano

As palavras ou frases chave utilizadas como fonte de categorização foram: dia a dia e relacionar.

Para esses alunos, a Química devia se comunicar com o seu cotidiano, fazendo com que o processo de aprendizagem fosse “acessível e palpável”. Entende-se que a aproximação do conteúdo com o que é familiar ao estudante facilita a transmissão de conhecimento pois é inserido a partir de uma percepção prévia do aluno e, ao trabalhar sobre um objeto conhecido, as transformações tornam-se mais evidentes. Logo, as respostas que melhor se enquadram nessa categoria eram:

A18 – “Que possamos colocar na prática conteúdos teóricos abordados na disciplina equivalente teórica. Além disso, tentar correlacionar a disciplina estudada com coisas relevantes presentes no dia a dia”.

A15 – “Conseguir colocar a Ciência de forma mais acessível e palpável, dessa maneira, relacionando a presença da Química no dia a dia daquele indivíduo”.

A17 – “Fundamental para auxiliar os estudantes do ensino médio no aprendizado de Química, no que se refere à Química Orgânica e obtenção do produto que são utilizados no dia-a-dia; ou seja, aproxima a Química no dia a dia dos alunos”.

Consolidação do conhecimento (Questão 1a)

As palavras chave utilizadas como fonte de categorização foram: consolidar, tornar, enxergar, compreender e fixar.

Algumas respostas que se enquadram nessa categoria são:

A6 – “Espero aplicar os conhecimentos adquiridos em aula, somando para evolução do meu conhecimento científico”.

A14 – “Que ela ajude a massificar o conteúdo e também ajudar a entender certos conteúdos que só na teoria fica de difícil compreensão”.

A23 – “Aplicar o conteúdo aprendido na teoria de forma descontraída para fixar o aprendizado”.

A8 – “Enxergar o que é ensinado na aula”.

Notou-se que alguns alunos se enquadraram tanto na categoria da “relação experimentação e teoria” quanto na consolidação do conhecimento, pois viram a prática como uma forma de consolidação da teoria ensinada em disciplinas prévias como é o caso do A23. Por outro lado, alguns alunos demonstraram a necessidade de consolidação do que era ensinado durante a disciplina prática, nesse sentido, observou-se um desejo de conhecimento científico, para além do que somente a teoria pode oferecer, é o caso dos alunos A6 e A8.

Motivação e engajamento (Questão 1b)

As palavras-chave utilizadas como fonte de categorização foram: aprender, encantar, interesse, facilitar, motivação e conhecimento. Bem como demonstram os recortes a seguir:

A2 – “Facilitar a aprendizagem e torná-la mais lúdica”.

A7 – “Acredito que seja fundamental, uma vez que, a Química possui a possibilidade de encantar e chamar atenção através dos experimentos, fazendo o aluno ter interesse pela disciplina”.

A14 – “Ajudar na compreensão dos conteúdos e a facilitar a observação do mesmo”.

Para eles, a aula experimental desempenhava o papel de facilitador para a absorção do conteúdo gerando interesse pelo que é ensinado.

Outro

As respostas que compõem essa categoria expressas eram seguir:

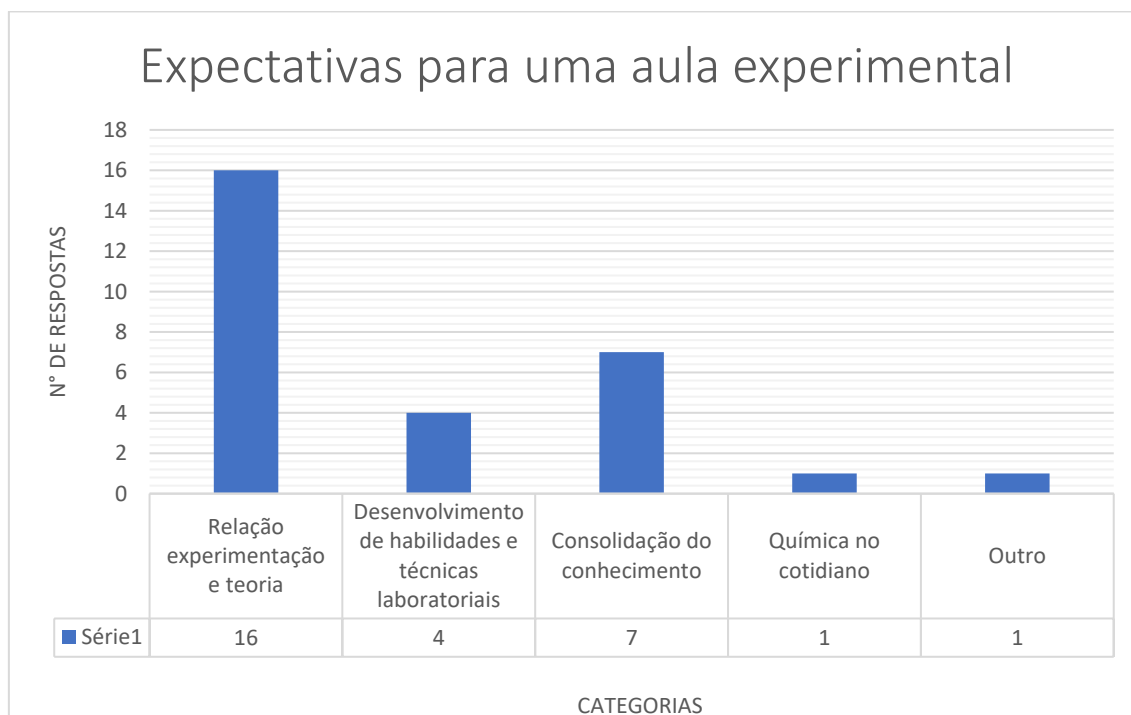
A1 – “Espero que haja uma união como um todo, interesse de ambas as partes (docentes e discentes). É muito benéfico para ambas no que tange aprendizado como um todo, pois sempre há algo que podemos aprender a mais com o outro”.

A25 – “O aluno precisa desse contato com a prática para o seu desenvolvimento enquanto situação social, de acordo com a Teoria Histórico Cultural, o aluno precisa dessa vivência”.

5.3.1.2 Questão 1a: O que os alunos esperam de uma aula experimental

As respostas da questão 1a revelaram a expectativa dos alunos para uma aula experimental. Elas foram organizadas em forma de gráfico em barras (gráfico 1) apresentado a seguir:

Gráfico 1 - Expectativas para uma aula experimental



Fonte: Autoria própria.

A grande maioria dos alunos esperava que a teoria previamente ensinada fosse observada durante as aulas experimentais, reforçando e relembrando o que já foi estudado. Tendo sido coletadas 25 respostas o cálculo de porcentagem deu-se como relatado no item 4.7, logo, 64% dos alunos se enquadraram nessa categoria, demonstrando a necessidade do respaldo teórico para a atividade prática na visão dos alunos da UFRJ.

Respostas como “aprender o conteúdo teórico”, “uma aula que seja possível colocar em prática todo o conhecimento adquirido nas aulas teóricas” e “Ver a demonstração visual dos assuntos vistos em aulas teóricas” indicam a expectativa para uma abordagem em uma aula experimental associada com a teoria.

Outra categoria que despontou como necessária para 28% dos alunos foi a “consolidação do conhecimento”. Para esses alunos, as aulas práticas proporcionam um

espaço de aprendizado e fixação do conhecimento, viabilizando uma compreensão descodificada do conteúdo teórico.

Dezesseis por cento dos alunos apresentaram o desejo de refinar suas técnicas experimentais e aprender novas habilidades, bem como sínteses importantes para o seu desenvolvimento profissional. Esse ponto de vista era interessante à medida que o laboratório permitia o ensino comportamental, sendo de grande importância para os futuros educadores e para aqueles que desempenharão papel na indústria Química ou em pesquisa.

Já na categoria “Química no cotidiano” somente 4% esperava observar nas práticas de laboratório relações diretas entre a Química e seu dia a dia. Esperava-se uma maior adesão dos alunos nessa categoria, já que, a Química está presente em todas as etapas do cotidiano dos alunos. Esse resultado pode ser reflexo de uma baixa abordagem dos aspectos cotidianos dos alunos durante as aulas, proporcionando uma baixa expectativa para os estudantes.

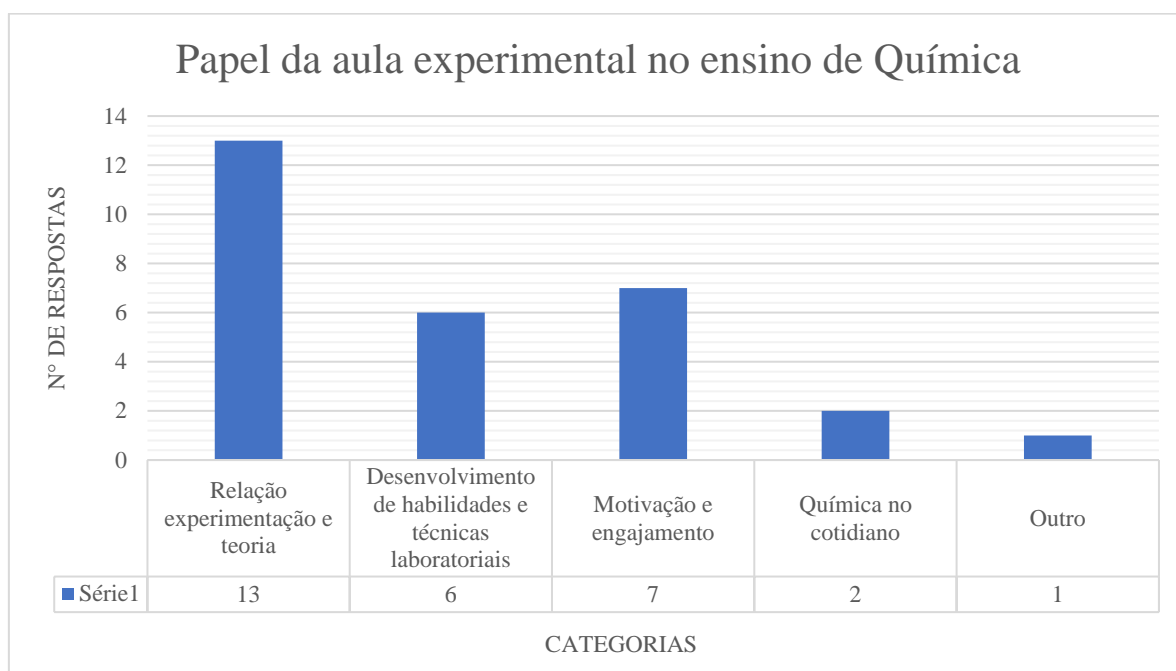
Por fim, tem-se em “outro” a relação entre o docente e o discente. O aluno respondeu à questão da seguinte maneira: “Espero que haja uma união como um todo, interesse de ambas as partes (docentes e discentes). É muito benéfico para ambas no que tange aprendizado como um todo, pois sempre há algo que podemos aprender a mais com o outro”. Interpretou-se que o estudante buscava em uma aula prática uma maior interação professor e aluno, sendo está de grande importância para uma aprendizagem conjunta.

Com esse parâmetro, foi possível definir um perfil de expectativa que esses alunos possuíam da aula experimental. Para eles, o papel da atividade prática estava atrelado a fortificação e fixação da teoria previamente estudada, bem como o desenvolvimento de habilidades e técnicas laboratoriais. Notou-se que o perfil de experimentação pouco inovador e roteirizado é dominante e é refletido na expectativa dos alunos, pois, ao imaginar uma aula experimental 64% dos alunos se enquadraram nesse perfil.

5.3.1.3 A concepção dos alunos sobre o papel da aula experimental no ensino de Química.

Para a análise da questão 1b, o gráfico em barras (gráfico 2) a seguir foi feito com base nas categorias e respostas:

Gráfico 2 - Papel da aula experimental no ensino de Química



Fonte: Autoria própria.

Assim como na questão 1a, a categoria “relação experimentação e teoria” despontou como a mais frequente nas respostas dos alunos. Porém, agora representando 52% das 25 respostas obtidas.

A necessidade do ensino teórico foi bem expressa por meio das respostas dos estudantes, teve-se os exemplos a seguir: “Estabelecer a conexão entre teoria e prática”, “Transformar visível, tudo o que é ensinado na teoria” e “Nos ajudar a ver na prática o que aprendemos na teoria. Experiência. Comprovar as teorias, enriquecer nossos conhecimentos na área. Aprender a manusear os equipamentos”.

Constatou-se com base nas afirmações dos alunos que os mesmos consideraram que as aulas experimentais possuíam o papel importante no ensino da Química teórica, sendo uma maneira de “enxergar” a teoria, ou seja, torná-la palpável.

Para 28% dos estudantes, a experimentação auxiliou no processo de motivação para o aprendizado de Química, pois viabilizou maneiras alternativas para o ensino do conteúdo, gerando uma aula mais dinâmica e, principalmente, interativa, como pode ser visto nas respostas a seguir: “Acredito que seja fundamental, uma vez que, a Química possui a possibilidade de encantar e chamar atenção através dos experimentos, fazendo o aluno ter interesse pela disciplina” e “O papel da aula experimental como um todo é de, não só consolidar a teoria com a prática, mas também despertar a curiosidade dos alunos,

pois a Química tem diversas matérias difíceis, como em diversos outros cursos, mas também, experimentos que literalmente crescem os olhos e isso é muito interessante”.

Já as categorias de desenvolvimento de habilidades e Química no cotidiano apresentaram um crescimento em relação as respostas da questão 1a. Os alunos consideraram relevante o ensino de Química voltado para o mercado de trabalho e, para que isso acontecesse, eles acreditaram que a aula prática devia ser responsável por ensinar as técnicas.

No que diz respeito a Química inserida no cotidiano, notou-se que mais alunos interligaram o cotidiano com a experimentação. Isso é relevante à medida que os discentes reconhecem a importância de uma abordagem da Ciência mais próxima de sua vida, e como ela é produto do meio social, ensinar a Química com base no dia a dia é propiciar uma visão mais complexa do mundo e auxiliar no processo de Alfabetização Científica (Chassot, 2003; Franco *et al.*, 2020).

Em outro, tem-se a seguinte resposta: “O aluno precisa desse contato com a prática para o seu desenvolvimento enquanto situação social, de acordo com a Teoria Histórico Cultural (THC), o aluno precisa dessa vivência”. Para compreender essa resposta, faz-se necessário uma definição da THC de Vygotsky. De acordo com Schlickmann & Ferreira (2002):

A Teoria Histórico-Cultural, desenvolvida por Vygotsky (2001), leva em consideração aspectos relacionados à interação, à linguagem, ao contexto histórico do indivíduo, às particularidades individuais, às vivências, às experiências, aos aspectos biológicos e às condições materiais. Esse teórico afirma que o homem já nasce com aptidões e capacidades tipicamente humanas de aprender a construir a cultura e transmiti-las às futuras gerações, já que é um ser histórico-cultural.

(Ferreira & Schlickmann, 2022, p. 644)

É nesse contexto que, para o aluno, o contato com a prática proporciona o desenvolvimento do indivíduo pois ele experimenta novas experiências de vida, e para que isso ocorra, é necessário um mediador mais experiente que possa transmitir suas vivências ao aluno, ou seja, a transmissão de suas aquisições culturais (Ferreira e Schlickmann, 2022, p. 647).

5.3.1.4 Positivismo e a experimentação

No total, 50 respostas foram obtidas tratando sobre a experimentação, fosse para verificar a expectativa dos alunos acerca dela (1a) ou o que eles consideraram como papel da atividade prática para o ensino de Química (1b). Porém, ambas possuíam como ponto principal a experimentação em Química.

Nesse sentido, observou-se que 29 respostas se enquadraram na categoria “relação experimentação e teoria”, o que corresponde a 58% das respostas. Dentro destas, algumas possuíam traços positivistas ao relacionar a possibilidade de comprovação teórica a partir de uma aula experimental pela observação. São as seguintes respostas que possuem essa característica:

A9 – “[...] comprovar as reações estudadas na teoria e ter uma experiência na indústria Química”.

A20 – “Relacionar conceitos teóricos de uma disciplina com a prática. Além de realizar experimentos para descobrir e fomentar novas teorias. A prática em uma via de mão dupla com a teoria”.

A8 – “Transformar visível tudo o que é ensinado na teoria”.

As aulas práticas possuem o papel de fomentar o ensino de Química teórica e seu esclarecimento, bem como aponta Galliazi, *et al.*, (2001). Porém, não é possível alcançar a comprovação teórica por meio da observação experimental. Esse ponto de vista se alinha com o “ver para prever” positivista (Giannotti, 1978). Nota-se, portanto, uma reincidência da epistemologia positivista ao tratar de disciplinas experimentais.

Observou-se nas respostas a certeza de que a teoria seria alcançada durante a prática, nesse ponto, havia traços do estado positivo. De acordo com Souza (2020) o estado positivo é quando o “espírito humano reconhece sua incapacidade de conhecer a origem e a finalidade do universo, passa a se preocupar com a compreensão dos fenômenos por meio da utilização do método científico” e ainda neste sentido “o foco de atenção são os fatos compreendidos a partir do real observável, que deve ser articulado a teorias e/ou gerar novas teorias”. (Souza, 2020, p. 31-32).

Estes alunos acreditaram numa visualização concreta da teoria por meio da aula prática. Algo que não podia ser alcançado, à medida que não havia como visualizar cada etapa de uma reação Química e o espaço amostral é pequeno. Por isso, há um problema de concepção da construção do conhecimento científico que é perpetuada nas aulas experimentais por aulas que buscam apenas a transmissão de conhecimento sem mostrar sua evolução.

5.3.2 Questão pós-intervenção

Ao término das aulas, os alunos responderam a última pergunta solicitada pelo pesquisador, acerca da intervenção realizada. No total, 24 alunos entregaram suas considerações, sendo que, um aluno preferiu não participar, sendo respeitado seu

posicionamento. Logo, uma resposta a menos foi obtida com relação as questões anteriores.

A questão feita aos alunos pós-intervenção foi: Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nada importante e 5 muito importante, o que você pensa sobre a abordagem histórica em uma aula experimental?

A pergunta foi pensada com o propósito de verificar a contribuição que a HC traz para trabalhar uma aula experimental. Logo, pediu-se para que os alunos entregassem uma resposta discursiva acerca de suas percepções do impacto e relevância de uma aula experimental realizada a partir de uma abordagem histórica e, junto a ela, identificar o grau de relevância da abordagem por meio da escala Likert, sendo nada importante (1), neutro (3) e muito importante (5).

A expectativa para a questão foi de que os alunos trouxessem suas impressões após a intervenção, demonstrando nas respostas o motivo da relevância e se foi possível introduzir questões acerca da NdC, do cotidiano dos alunos e como foi recebido a abordagem em uma aula experimental. A tabela construída para a análise consta no apêndice C.

5.3.2.1 Categorização (Questão 2)

A análise das respostas discursivas proporcionou as seguintes categorias representadas no quadro 2:

Quadro 2 - Categorias da segunda questão encontradas após análise de conteúdo de Bardin (1977)

Categoria	Descrição
Ciência em foco	Nesta categoria estão representados os alunos que notaram a importância da construção continuada da ciência após a intervenção. Nas respostas nota-se que o estudante identificou a ciência como fruto do meio que está inserida, por isso, ela é influenciada pelo tempo, contexto histórico e político.
Contextualização da aula	A contextualização da aula a partir da História da Química chamou a atenção de parte dos alunos que demonstraram em suas respostas a viabilidade da abordagem.
Motivação e engajamento	Bem como está descrito no item (5.3.1.1) as respostas que se enquadram nessa categoria relatam que a abordagem histórica auxilia para a motivação, tornando a aula mais atrativa à medida que proporciona novas formas de ver a Química.
Outro	Assim como está descrito no item (5.3.1.1), nessa categoria estão as respostas que são únicas e devem ser tratadas caso a caso.

Fonte: Autoria própria

Ciência em foco

As palavras chaves utilizadas para identificar e compor esta categoria eram: ciência, processo, tempo, trajetória e evolução.

Algumas respostas que se enquadraram nessa categoria estão representadas a seguir:

A20 – “Através das mudanças históricas da Química, inovações e descobertas foram realizadas. Através do passado pode-se criar a ciência do futuro”.

A11 – “Considero muito importante a parte histórica, já que a Química surgiu a tempos e entender todo o processo evolutivo nos permite compreender como a Química evoluiu”.

Contextualização da aula

As palavras chave utilizadas para determinar aqueles que se enquadram nessa categoria são as seguintes: contexto; origem; motivo; e relevância.

Os exemplos a seguir auxiliaram no processo de identificação das respostas que se enquadram nessa categoria:

A8 – “Muito importante, pois é através da história que a aula experimental é contextualizada. Facilitando o entendimento dos alunos”.

A23 – “O contexto histórico é muito importante pois nos dá a base de como e quando e o porquê de a aula experimental estar sendo realizada”.

Motivação e engajamento

Bem como está descrito no item (5.3.1.1) as respostas que se enquadraram nessa categoria relataram que a abordagem histórica auxiliava para a motivação, tornando a aula mais atrativa à medida que proporciona novas formas de ver a Química.

As palavras chave utilizadas nessa categorização foram: interessante, incentiva, atrai, desperta e curiosidade.

A18 – “Acho importante, acredito que tangenciar a história atrai ainda mais a atenção dos alunos e muita das vezes nos ajuda a compreender ainda mais a relevância daquela aula”.

A9 – “A abordagem histórica é muito interessante pois desperta a curiosidade sobre como reações e compostos foram descobertos e também a valorização dos cientistas que descobriram”.

Outro

As respostas estão representadas a seguir:

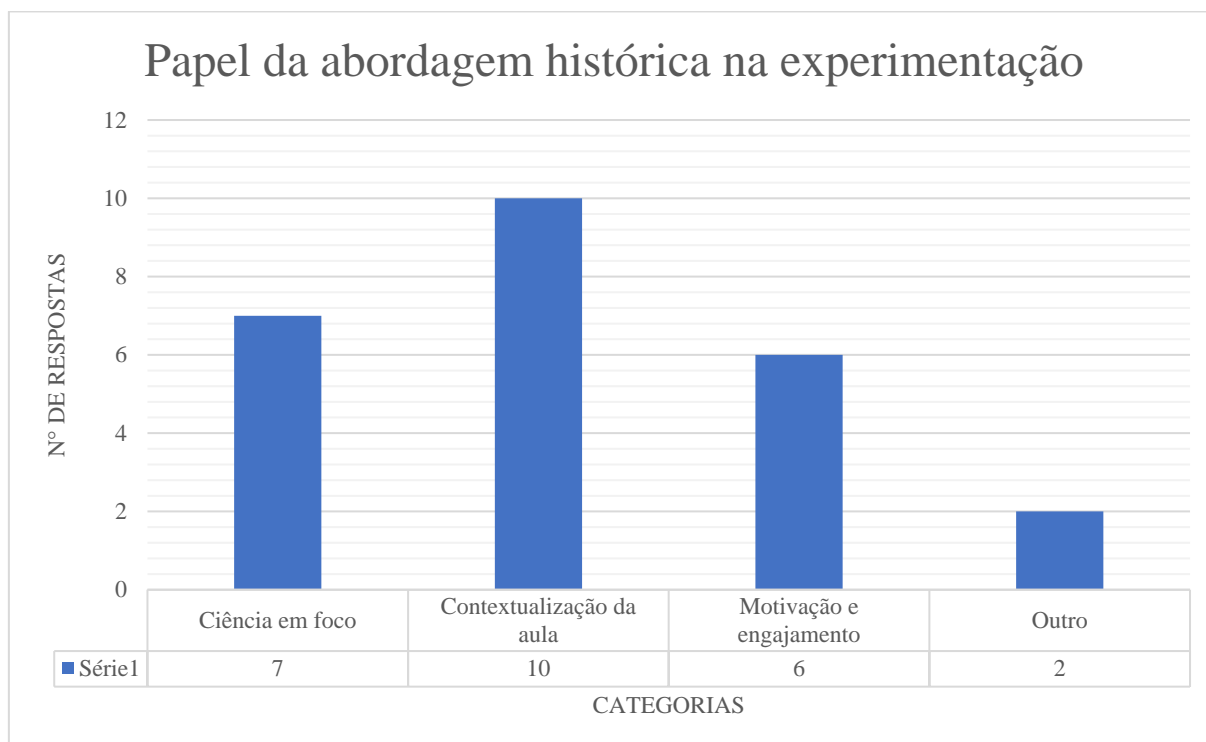
A25 – “A abordagem histórica não deve se limitar à sala de aula, sendo necessária a utilização de métodos de ensino-aprendizagem onde o contexto histórico desempenha um papel crucial na prática experimental”.

A4 – “Acho importante em conteúdos que possuem um contexto interessante/útil para a história da futura profissão que a turma possa desempenhar. Fornecendo um contexto histórico, evolução até os dias de hoje, etc. Agora, coisas muito específicas e deveras desinteressantes devem ficar de lado”.

5.3.2.2 Papel da abordagem histórica em uma aula experimental para os alunos

As respostas da questão 2 foram categorizadas e organizadas em gráfico de colunas (gráfico 3) para melhor discussão. Além disso, também foi apresentado um gráfico com a escala Likert referente a relevância da abordagem história para os alunos (gráfico 4).

Gráfico 3 - Papel da abordagem histórica na experimentação



Fonte: Autoria própria.

Pelo gráfico 3 foi possível identificar que a abordagem histórica desempenhou o papel na contextualização da aula para os alunos, sendo relevante para a introdução do tema que seria explorado ao longo da experimentação. Esse dado é importante a medida que contextualizar um conteúdo é demonstrar para o aluno a relevância do seu ensino, em que contexto social está inserido. Isso auxilia no despertar da criticidade dos alunos e o torna capaz de identificar a importância do que está sendo ensinado para o seu dia a dia (Ferreira & München, 2020, p.381).

A seguinte resposta traz respaldo para a ideia: “[...] a abordagem histórica demonstra a importância do tema abordado na sala de aula e sua relevância para a sociedade”.

O aluno relacionou diretamente o que foi abordado em sala com a sua utilidade para a sociedade. Se tratando de corantes e sua vasta história e relevância política,

econômica e social, é interessante observar que o aluno identificou, através da aula, a Química inserida no seu contexto social.

A categoria “motivação e engajamento” obteve a adesão de 6 dos 24 alunos que responderam a segunda questão. Para eles, trabalhar a abordagem histórica no início da aula foi relevante para motivar o aluno e despertar o interesse pela aula. Teve-se a seguinte resposta como exemplo: “Abordagem muito criativa e nos incentiva a buscar mais”.

Na categoria “Ciência em foco” se enquadraram sete alunos que expressaram compreender a natureza mutável da Ciência e como ela está diretamente ligada ao meio em que está inserida. Os alunos que se enquadraram nessa categoria tiveram um vislumbre da discussão acerca da NdC, pois compreenderam que não há uma única metodologia para fazer Ciência.

Tem-se a resposta a seguir como uma base para discussão: “Compreender o processo científico através da abordagem histórica é essencial para a compreensão da não neutralidade da ciência. Bem como traz o interesse ao comparar o procedimento experimental utilizado na descoberta com o atual. É interessante também para observar como os acidentes na produção científica é essencial”.

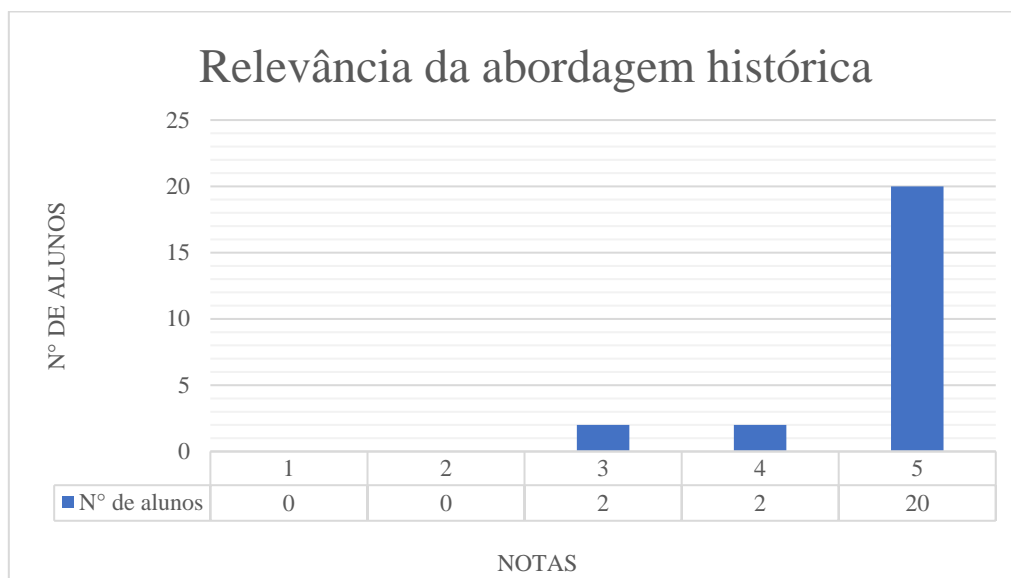
A resposta expressava diretamente o caráter sociopolítico da Ciência e, quando o aluno comentava sobre os acidentes da produção científica, remete a aula em que essas questões foram levantadas ao tratar da mauveína, o primeiro corante sintético a ser produzido. Ambos os assuntos levantados pelo aluno são pertinentes durante a discussão de NdC. Assim como diz Moura (2014): “O conhecimento científico é obra humana, e como homens pertencentes a uma sociedade – [...] –, eles trazem à Ciência suas concepções, crenças e anseios”.

Na categoria “outro” duas respostas foram obtidas, ambas demonstraram que a abordagem histórica é relevante e pertinente para uma aula experimental. O aluno A4 pontua que aplicar a abordagem histórica deve levar em consideração a futura profissão dos alunos presentes no laboratório, caso contrário, pode se tornar desinteressante. O aluno A25 pontua que a abordagem histórica deve desempenhar “papel crucial” na prática experimental.

5.3.2.3 Relevância da abordagem Histórica na aula experimental

O gráfico a seguir representa as respostas dos alunos acerca da relevância da aplicação da abordagem histórica em uma aula experimental:

Gráfico 4 - Relevância da abordagem histórica



Fonte: Autoria própria

Dos 24 alunos que responderam a segunda questão, 20 relataram ser muito importante a aplicação da abordagem Histórica, 2 diziam ser importante, enquanto outros 2 não achavam fazer diferença a utilização desse método de ensino.

O gráfico a seguir (gráfico 5) representa a porcentagem de proporção da classificação dos alunos:

Gráfico 5 - Proporção de respostas



Fonte: Autoria própria

Observa-se no gráfico 4 e 5 que a tendência dos alunos foi considerar a abordagem histórica como muito importante para as aulas experimentais, corroborando com o sucesso da intervenção.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, um novo material didático foi produzido e aplicado para os laboratórios de Química Orgânica Experimental II da UFRJ. A adaptação da síntese de Baeyer-Drewsen do corante índigo ocorreu de maneira satisfatória ao ser realizada *one-pot*. Além disso, foi possível introduzir novas técnicas de aferição de volume ao inserir seringas como ferramenta de medição.

Para a redução do corante índigo substituiu-se o ditionito de sódio por açúcar redutor e, posteriormente, por xarope de glicose, tornando o experimento mais acessível para aplicação nas diferentes esferas educacionais.

Os resultados obtidos através de pinturas *tie-dye* realizadas pelos alunos demonstraram a robustez do método proposto.

A produção da aula e a utilização da abordagem histórica como forma de contextualização e inserção da discussão de NdC no âmbito experimental ocorreu com sucesso, sendo relatado o processo de produção do material e a adesão dos alunos por meios dos questionários.

Nesse sentido, foi possível trabalhar os aspectos históricos, químicos, econômicos e sociais dos corantes, proporcionando uma gama de informações relevantes para a formação dos alunos, sobretudo para a discussão de aspectos acerca da construção da Ciência.

A partir das aulas ministradas para os cursos de graduação foi possível identificar as concepções dos alunos sobre as aulas de Química Orgânica Experimental II. Através das respostas, foi notório que os alunos necessitavam de uma articulação da teoria das aulas teóricas com a aula experimental. Tendo em vista a farta presença de conteúdos teóricos, era necessária uma melhor correlação destes com a prática exercida em laboratório, fornecendo atividades mais tangíveis, em que o aluno pudesse identificar nuances referentes a teoria.

Alguns alunos apresentaram o interesse em aprender técnicas e habilidades de manuseio experimental, principalmente aqueles que desejam seguir carreira em indústria Química.

Por outro lado, poucos alunos apresentaram expectativa de trabalhar a Química inserida no seu cotidiano. Esse dado demonstrou uma baixa abordagem da Química do dia a dia nas aulas experimentais da UFRJ, pois, se não é realizado pelo professor, o aluno não desenvolve expectativa de realizar em sala ou laboratório.

Notou-se que uma parcela dos estudantes ainda carregava a epistemologia positivista ao trabalharem suas expectativas para uma aula experimental. Isso se mostra preocupante a medida que o aluno que carrega essa epistemologia possa estar sujeito a perpetua-la, portanto, é importante instruí-lo por meio da NdC.

Neste sentido, a aplicação da abordagem histórica evidenciou, por meio das respostas dos alunos, uma possibilidade para a discussão de Natureza da Ciência. Os alunos que participaram demonstraram a viabilidade da abordagem para a contextualização e para o engajamento da aula.

Houve sucesso ao abordar através da HC a não linearidade da ciência e como ela se mostra um produto do meio social, assuntos inseridos na discussão de NdC. Tendo isso em vista, obteve-se respaldo dos alunos que apresentaram em suas respostas conceitos abordados em sala.

A construção deste projeto corroborou com a necessidade do ensino de NdC no âmbito da graduação. Uma vez que seu desenvolvimento sofreu influência do meio inserido, sendo um produto humano com caráter político e social.

Por fim, houve um *feedback* positivo por parte dos alunos ao tratarem a abordagem histórica como sendo relevante para as aulas experimentais, seja para contextualização, motivação ou compreensão da Ciência. Em todo caso, desempenha papel valioso no processo de ensino, sobretudo, para sua Alfabetização Científica.

Este trabalho será adaptado para ser aplicado no ensino médio, abordando questões históricas, sociais e políticas relevantes para os alunos. Além disto, houve indicativos, durante a pesquisa qualitativa, de uma desmotivação dos alunos na realização das atividades experimentais.

Os resultados obtidos através da análise qualitativa serão apresentados aos alunos participantes e aponta-se a necessidade de realizar uma nova pesquisa mais ampla envolvendo alunos de períodos iniciais e concluintes para verificar se durante a graduação os estudantes perdem o interesse pela experimentação.

REFERÊNCIAS

- BAEYER, A.; EMMERLING, A. Reduction des Latins sur indigo blau, Ber. Deutsch. **Chemischen Gesellschaft**, v. 3, n. 1, p. 514-517, 1870.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 1. ed. Lisboa: edições 70, 1977. 225 p.
- BERTOLDI, A. Alfabetização científica versus letramento científico: um problema de denominação ou uma diferença conceitual?. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 25, 2020.
- CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A. M.; PÉREZ, D. G.; VILCHES, A. PRAIA, J. A **necessária renovação do ensino das ciências**, 1. ed. São Paulo: Cortez, 2005. 264 p.
- CARVALHO, B.; JUSTI, R. O caso histórico Marie Curie: investigando o potencial da história de ciência para favorecer reflexões de professores em formação sobre Natureza da Ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 351-373, 2019.
- CAVALCANTI, K.; QUEIROS, G. Visões dos professores e alunos do ensino médio profissionalizante sobre ciência e as atividades experimentais. **História da ciência e ensino construindo interfaces**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 3-17, 2017.
- CHALMERS. A. F., **O que é ciência afinal?**. Tradução: Raul Filker. 1. ed. [São Paulo]: Brasiliense, 1993. 230 p.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, 2003.
- CHASSOT, A. **Para Que(m) é Útil o Ensino?** 3. ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2014. 191 p.
- GIANNOTTI, J. **Comte - Os pensadores**: curso de Filosofia Positiva. Tradução: Gianotti e Miguel Lemos. 1. ed. São Paulo: Abril S.A. Cultural, 1978. 632 p.
- CORREIA, D. *et al.* As manifestações da Corrente Positivista na Educação Científica. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 2. 2021.
- DAVIS, J. W.; STRAUSS, L. **Improvement in fastening pocket-openings**. Depositante: Davis Jacob. n. US139121A. Depósito: 9 ago. 1872. Concessão: 20 de maio de 1873.
- DIAS, A. S.; SILVA, A. O indutivismo no ensino de ciências e a inconsistência do argumento indutivista. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VII ENPEC**, 2009.
- FERREIRA, M. A; MÜCHEN, S. A contextualização no ensino de ciências: reflexões a partir da Educação do campo. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 4, p. 380-399 2020.
- FERREIRA, T.; SCHLICKMANN, M. A teoria histórico-cultural e a educação escolar numa perspectiva humanizadora. **Rev. Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 17, n. esp. 1, p. 643-660, mar. 2022.

- FERREIRA, W.; *et al.* Corantes: Uma abordagem com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 249-257, 2018.
- FORATO, T.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de Aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.
- FRANCO, R. M.; FREITAS, D.; MELLO, E. Interdisciplinaridade e contextualização na formação docente em ciências da natureza sob a perspectiva freiriana. **Revista de educação, Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 1, 2020.
- GABORIAUD-KOLAR, N.; NAM, S. AL.; SKALTSOUNIS. A Colorful History: The Evolution of Indigoids, **Progress in the Chemistry of Organic**. Suíça, v. 99, p. 70-136, 2014.
- GALLIAZI, *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001
- GASPARETTO, F.; *et al.* Análise de pontos controversos sobre a natureza da ciência por futuros professores de Química. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**, Bogotá, n. extraordinário, p. 1870-1875, 2021.
- GIL-PERÉZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. no 1999, n. 10, p. 43-49, nov. 1999.
- WIKIPÉDIA. **Indigofera tinctoria**. 2017. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Indigofera_tinctoria&oldid=49649532>. Acesso em: 15 de jun. 2017.
- INFOESCOLA. **Cores complementares**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/artes/cores-complementares/>>. Acesso em: 15 de jun. de 2023.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). **Perguntas frequentes sobre CTA**. 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/849/#:~:text=Conhecimento%20tradicional%20%C3%A9%20o%20conjunto,alimento%20daquelas%20que%20curam%20enfermidades>. Acesso em: 24 de nov. de 2023.
- WIKIPÉDIA. **Isatis tinctoria**. 2022. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Isatis_tinctoria&oldid=64612106>. Acesso em: 15 de jun. de 2023.
- KOGA, N.; OLIVEIRA, A.; SAKAMOTO, K. Green Chemical Experiment: Indigo Dyeing. **The Chemical Educator**, v. 13, n. 6 p. 344-347, 2008.
- LIMA, K. C.; TEIXEIRA, F. A epistemologia e a história do conceito experimento/experimentação e seu uso em artigos científicos sobre ensino das ciências.

VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VIII ENPEC / I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias - CIEC, Campinas, 2011.

LÔBO, S.; MORADILLO, E. F. Epistemologia e Formação Docente em Química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química nova na escola**, n. 17, p. 39-41, 2003.

LOCHNER, S. **Madonna of the Rose Bower**. (1440-1442). 1 pintura, painel. 50.5 x 40 cm. Disponível em: disponível em <https://www.turkcewiki.org/wiki/Stefan_Lochner>. Acessado 27 de outubro de 2023.

LOPES, C.; *et al.* Concepções de professores de Química sobre a natureza do conhecimento científico. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 9, n. 1, jan./jun. 2007.

LORENZETTI, L. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MCCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of Science in Science education: An introduction. **Science & Education**, Holanda, v. 7, n. 6, p. 511-532, 1998.

MERÇON, F. A experimentação no ensino de Química. Bauru, SP: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - IV ENPEC**, Bauru, SP, p. 25-29, nov. 2003.

MILLAR, R.; FRANÇOIS, J.; BUTY, C. A map of the variety of labwork: **Labwork in Science Education**, *Working paper 1*, Comissão Europeia TSER *ProgrammeProject* PL95-2005, 1998.

MOURA. B. O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência?. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA. C. Para que História da Ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, ed. Especial, n. 3, p. 1155-1178, 2021.

NOVELLI, P.G.A. Para quê serve a ciência?. **Revista de Filosofia**, v. 7, n. 13, p. 79-101, 2010.

OLIVEIRA, A.; SZCZERBOWSKI, D. Quinina: 470 anos de história, controvérsias e desenvolvimento. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1971-1974, 2009.

OLIVEIRA, C. A matriz positivista na educação brasileira: Uma análise das portas de entrada no período republicano. **Revista Eletrônica da faculdade Semar/Unicastelo**, v. 1, n. 1, 2010.

FLICKR. **Padrões de tie-dye**. Disponível em:

<<https://www.flickr.com/photos/weavingmajor/5003067434>>. Acessada em 24 de outubro de 2023.

FRANCIS, K. **A short history of the colour indigo**. The National Gallery. Youtube, 2021. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=sDQ6p9M9gdU&ab_channel=TheNationalGallery acessado em 19 de dezembro de 2023.

PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. 1. ed. Natal: EDUFRN, 2012. 372 p.

PEDUZZI, L.; RAICIK, A. Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. **Ienci: Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.

PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PIOVEZAN, M. Roteiros de Aulas Práticas. Instituto Federal do Rio de Janeiro. Santa Catarina: **Lages**, v. 1.2, n. 1, 2017. Disponível em:

https://docente.ifsc.edu.br/marcel.piovezan/MaterialDidatico/QAM/Apostila%20QAM%20e%20NBA_2017_v12.pdf. Acessado em 27 de novembro de 2023.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. Tradução: Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira. 3. ed. São Paulo: Cultrix/Edusp, 1972.

PORLÁN, R.; RIVERO A.; MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos e conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 171-289, 1998.

SAIKHAO; *et al.* Green reducing agents for indigo dyeing on cotton fabrics. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, n. 4, p. 106-113, 2018.

SANTOS, G. **Potencialidades e limites da experimentação em biologia no ensino médio**: um diálogo com professoras. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em ciências biológicas) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

SCHAEFER, B. **Natural Products in the Chemical industry**. 2. ed. Alemanha, Berlin: Springer-Verlag, 2014. 831 p. Título original: *Naturstoffe der chemischen Industrie*. Versão inglesa de David Smith e Bernd Janssen.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de Química no Brasil: Conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 14-24. 2002.

SILVA, K. Epistemologia da práxis na formação de professores: Perspectiva crítico-emancipadora. **Revista de Ciências humanas**, Rio Grande do Sul, v. 18, n. 2, p. 121-135, 2017.

SIMÃO, D. Synthesis of Indigo and Dyeing Process. In *Comprehensive Organic Chemistry for the Laboratory*, p. 363-365, Cambridge: RSC, 2017.

SOUZA, D. O positivismo de Auguste Comte e a Educação científica no cenário Brasileiro. **Rede Amazônica de Educação em Ciência e Matemática (REAMEC)**, Cuiabá (MT), v. 8, n. 1, p. 29-42, janeiro-abril, 2020.

VANUCHII, V.; BRAIBANTE, M. O uso de corantes naturais por algumas comunidades indígenas Brasileiras: Uma possibilidade para o ensino de Química articulado com a lei 11.645/2008. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 7, n. 2, p. 54-74, 2020.

VIESCA, F.; GÓMEZ, R. On the Baeyer-Emmerling Synthesis of Indigo. **World Journal of Organic Chemistry**. v. 6, n. 1, p. 6-12. 2018.

VIESCA, F.; GÓMEZ, R.; BERROS, M. On the Mechanism of Baeyer-Drewsen Synthesis of Indigo. **American Journal of Chemistry**, v. 6, n. 1, p. 18-22. 2016.

VYGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução: Paulo Bezerra. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 491 p.

WHITAKER, M. History and quasi History in Physics Education – Part 1. **Physics Education**, v. 14, n. 4, p. 108-112, 1979.

APÊNDICE A – TABELA DE RESPOSTAS (QUESTÃO 1A)

Questão 1a: O que você espera de uma aula experimental?	
Código	Resposta
A1	Espero que haja uma união como um todo, interesse de ambas as partes (docentes e discentes). É muito benéfico para ambas no que tange aprendizado como um todo, pois sempre há algo que podemos aprender a mais com o outro.
A2	Espero associar um conhecimento teórico, visto em sala de aula com atividades práticas, consolidando melhor o conhecimento.
A3	Aprender na prática o conteúdo teórico da disciplina.
A4	Espero praticar e obter conhecimento prático das técnicas, dos processos e condições envolvidos no experimento.
A5	Em uma aula experimental, eu espero encontrar as reações práticas que vejo nos livros, numa forma de tornar concreto a teoria aprendida.
A6	Espero aplicar os conhecimentos adquiridos em aula, somando para evolução do meu conhecimento científico.
A7	Espero que auxilie no entendimento da teoria.
A8	Enxergar o que é ensinado na aula.
A9	Aprender a utilizar as vidrarias do laboratório, comprovar as reações estudadas na teoria e ter uma experiência na indústria Química.
A10	Uma aula com que seja possível colocar em prática todo o conhecimento adquirido nas aulas teóricas.
A11	Ver na prática todos os conceitos teóricos abordados.
A12	Espero uma aula com uma primeira parte teórica, onde aprendemos a parte conceitual e os mecanismos dos compostos e reações utilizados, e uma segunda parte onde vemos na prática as reações acontecendo e aprendemos os cuidados necessários para manusear os elementos e fazer as reações
A13	Espero conseguir compreender na prática o que foi aprendido na teoria. Espero que me ajude a ter autonomia dentro do laboratório.
A14	Que ela ajude a massificar o conteúdo e também ajudar a entender certos conteúdos que só na teoria fica de difícil compreensão.
A15	Experimentar e evidenciar conceitos teóricos aprendidos em matéria prévias e conseguir identificar, como também, explicar os erros ocorridos na prática.
A16	Espero que ela me ajude a praticar e enxergar o que vi na teoria.
A17	Que seja trabalhado as metodologias e técnicas laboratoriais dentro do experimento proposto, para que forme, no futuro, um profissional mais capacitado ao mercado de trabalho.
A18	Que possamos colocar na prática conteúdos teóricos abordados na disciplina equivalente teórica. Além disso, tentar correlacionar a disciplina estudada com coisas relevantes presentes no dia a dia.
A19	Ver a demonstração visual dos assuntos vistos em aulas teóricas.
A20	Relacionar conceitos teóricos de uma disciplina com a prática. Além de realizar experimentos para descobrir e fomentar novas teorias. A prática em uma via de mão dupla com a teoria.
A21	A observação de um conceito teórico na prática.
A22	Ver os conhecimentos na prática.
A23	Aplicar o conteúdo aprendido na teoria de forma descontraída para fixar o aprendizado.
A24	Que seja possível aprender técnicas laboratoriais de maneira eficiente, assim como é feito na indústria Química.
A25	A aplicação de conceitos teóricos na prática.

APÊNDICE B – TABELA DE RESPOSTAS (QUESTÃO 1B)

Questão 1b: Na sua concepção, qual o papel da aula experimental no ensino de Química?	
Código	Resposta
A1	O papel da aula experimental como um todo é de, não só consolidar a teoria com a prática, mas também despertar a curiosidade dos alunos, pois a Química tem diversas matérias difíceis, como em diversos outros cursos, mas também, experimentos que literalmente crescem os olhos e isso é muito interessante.
A2	Facilitar a aprendizagem e torná-la mais lúdica.
A3	Favorece uma relação interdisciplinar entre o conteúdo experimental e o teórico proporcionando ao aluno uma maior concepção e afinidade com as ideias trabalhadas.
A4	De extrema importância, visto que, apesar de também podermos trabalhar com conhecimento teórico, somos muito conhecidos pela prática, os experimentos e produções.
A5	O papel da aula experimental é aplicar as técnicas aprendidas e possibilitar um mergulho prático no mundo da Ciência, uma porta de entrada para o método científico no laboratório.
A6	A aula experimental funciona para visualizar e concretizar o conhecimento, elucidando nosso saber. Também é muito importante para desenvolver habilidades associadas a profissão.
A7	Acredito que seja fundamental, uma vez que, a Química possui a possibilidade de encantar e chamar atenção através dos experimentos, fazendo o aluno ter interesse pela disciplina.
A8	Transformar visível, tudo o que é ensinado na teoria.
A9	Aulas experimentais são fundamentais para um melhor esclarecimento da teoria. Além da abordagem visual das reações e fenômenos estudados.
A10	Como a Química é uma Ciência prática, é essencial no ensino da Química as aulas experimentais, pois em diversas situações na teoria as reações ocorrem de uma forma e na experimental de outra.
A11	Papel fundamental no ensino da Química, visto que é do dado experimental que buscamos explicar através das teorias.
A12	O papel das aulas experimentais é ensinar e preparar o aluno para seu papel como profissional em laboratórios e ensinar na prática as reações, agregando no próprio ensino de Química teórica.
A13	Nos ajudar a ver na prática o que aprendemos na teoria. Experiência. Comprovar as teorias, enriquecer nossos conhecimentos na área. Aprender a manusear os equipamentos.
A14	Ajudar na compreensão dos conteúdos e a facilitar a observação do mesmo.
A15	Conseguir colocar a Ciência de forma mais acessível e palpável, dessa maneira, relacionando a presença da Química no dia a dia daquele indivíduo.
A16	Além de fixar o conteúdo teórico, ela tem intuito de nos preparar para o mercado de trabalho.
A17	Fundamental para auxiliar os estudantes do ensino médio no aprendizado de Química, no que se refere à Química Orgânica e obtenção do produto que são utilizados no dia-a-dia; ou seja, aproxima a Química no dia a dia dos alunos.
A18	Fundamental, o profissional em Química deve saber todos os instrumentos e também de aspectos envolvidos na segurança laboratorial, visto que possivelmente o mesmo trabalhará em laboratórios no futuro. Além disso, acredito que a prática faça/auxilie bastante na fixação de conhecimento.
A19	Tem o papel de preparar os alunos para lidar com situações laboratoriais reais.
A20	Conseguir explicar fenômenos teóricos e inovações tecnológicas.
A21	Estabelecer a conexão entre teoria e prática.
A22	Além do aprendizado, é importante na motivação do aluno.
A23	É fundamental para que possamos entender de forma concreto os conceitos complexos na teoria, colocando a mão na massa.
A24	Apresentar visualmente conceitos abordados na teoria, visando o aprendizado da Química aplicada.
A25	O aluno precisa desse contato com a prática para o seu desenvolvimento enquanto situação social, de acordo com a Teoria Histórico Cultural, o aluno precisa dessa vivência.

APÊNDICE C – TABELA DE RESPOSTAS (QUESTÃO 2)

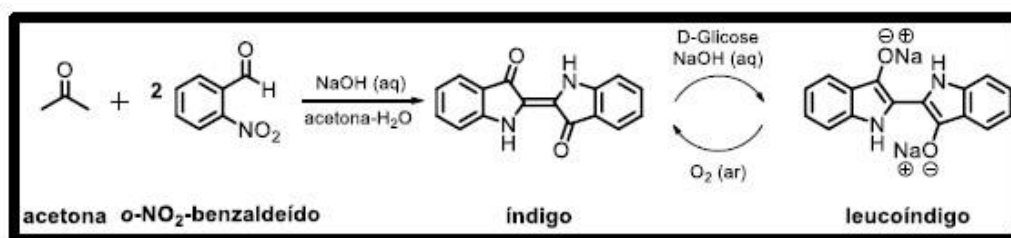
Questão 2: Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nada importante e 5 muito importante, o que você pensa sobre a abordagem histórica em uma aula experimental?		
Código	Nota	Resposta
A1	N/A	N/A.
A2	5	Muito importante. Pois a abordagem histórica demonstra a importância do tema abordado na sala de aula e sua relevância para a sociedade.
A3	5	Muito importante se o professor conseguir contextualizar o tema de forma que atraia a atenção do aluno.
A4	3	Acho importante em conteúdos que possuem um contexto interessante/útil para a história da futura profissão que a turma possa desempenhar. Fornecendo um contexto histórico, evolução até os dias de hoje, etc. Agora, coisas muito específicas e deveras desinteressantes devem ficar de lado.
A5	5	A abordagem histórica é essencial pois localiza o aluno no espaço e tempo histórico de quando ocorreu a produção de uma molécula, rota sintética. Além de mostrar a importância da prática feita para a humanidade de forma lúdica.
A6	5	Abordagem muito criativa e nos incentiva a buscar mais.
A7	5	Acredito que agrega tanto pela história, quanto pela beleza da Química.
A8	5	Muito importante, pois é através da história que a aula experimental é contextualizada. Facilitando o entendimento dos alunos.
A9	5	A abordagem histórica é muito interessante pois desperta a curiosidade sobre como reações e compostos foram descobertos e também a valorização dos cientistas que descobriram.
A10	5	É muito importante, pois incentiva a realização do experimento além de contextualizar a aula.
A11	5	Considero muito importante a parte histórica, já que a Química surgiu a tempos e entender todo o processo evolutivo nos permite compreender como a Química evoluiu.
A12	5	Muito importante, pois considero de extrema importância, devido ao fato de ser importante saber o contexto histórico de um elemento e/ou uma reação, tanto para agregar em conhecimento, quanto para tornar a aula mais interessante.
A13	5	É importante sabermos e entendermos a origem e a história dos experimentos que fizemos. Além disso, traz maior atratividade ao assunto, além de nos dar conhecimentos sobre como ocorreram as descobertas.
A14	5	Muito importante, pois mostra como as coisas são feitas, que nada surge do nada.
A15	5	Compreender o processo científico através da abordagem histórica é essencial para a compreensão da não neutralidade da ciência. Bem como traz o interesse ao comparar o procedimento experimental utilizado na descoberta com o atual. É interessante também para observar como os acidentes na produção científica é essencial.
A16	5	Creio que seja muito importante, pois nos faz entender a origem das coisas.
A17	4	Importante. Acredito que a abordagem histórica auxilia o aluno no contexto da "criação" do produto, o que auxilia na aprendizagem.
A18	4	Acho muito importante, acredito que tangenciar a história atrai ainda mais a atenção dos alunos e muita das vezes nos ajuda a compreender ainda mais a relevância daquela aula.
A19	5	É importante saber o conhecimento que levou as coisas que sabemos hoje. A trajetória de conhecimento é tão importante quanto o conhecimento em si.
A20	5	Através das mudanças históricas da Química, inovações e descobertas foram realizadas. Através do passado pode-se criar a ciência do futuro.
A21	5	Pois justifica a importância e objetivo da produção original desse produto.
A22	5	Particularmente, eu acho importante se entender a motivação por trás de cada ideia.
A23	5	O contexto histórico é muito importante pois nos dá a base de como e quando e o porquê da aula experimental estar sendo realizada.
A24	3	Apesar de normalmente não ser uma informação essencial para o desenvolvimento da prática, é uma informação interessante.
A25	5	A abordagem histórica não deve se limitar à sala de aula, sendo necessária a utilização de métodos de ensino-aprendizagem onde o contexto histórico desempenha um papel crucial na prática experimental.

APÊNDICE D – MANUAL DE PRÁTICA DESENVOLVIDA PARA A UFRJ

Manual de Química Orgânica Experimental II • 4ª edição
Silva, G. A. M.; Lira, L. M. A.; Barros, J. C. (2023)

1

[12] índigo, leucoíndigo e tie-dye



Materiais e reagentes

Materiais	Qtde	Materiais	Qtde
2-nitrobenzaldeído	-	Termômetro	5
NaOH (2M)	-	Tubo Falcon	5
D-glicose	-	Seringa (1mL)	10
Acetona	-	Espátula	5
Água	-	Béquero (50 mL)	5
Banho maria	5	Placa de aquecimento	5
Haste/garra/mufa	5	Proveta 10 (mL)	5
Balança semi-analítica	1	Tecido de algodão	10

Parte 1: Índigo¹

Em um tubo para centrifuga de polipropileno (tubo Falcon) de 50 mL sem agitador magnético são dissolvidos 50 mg de *o*-nitrobenzaldeído (0,33 mmols) em 1 mL de acetona. Em seguida são adicionados 1,75 mL de água e então 0,25 mL de solução de NaOH 2M. O tubo para centrifuga é então fechado e agitado manualmente com ocasional alívio da pressão por 10 min, tempo durante o qual a mistura se torna amarela e então roxa escura. O índigo formado neste processo será diretamente reduzido na próxima etapa sem isolamento.

Parte 2: leucoíndigo²

Sobre a mistura reacional obtida anteriormente são adicionados no mesmo tubo de centrifuga 3g de D-glicose e 20 mL de solução de NaOH 2M. A mistura então obtida é colocada em banho-maria a 80°C por 20 minutos com ocasional alívio da pressão no tubo, tempo após o qual a mistura inicialmente roxa se torna cor de caramelo castanho escuro característica do leucoíndigo e do açúcar caramelizado.

Parte 3: tingimento de tecidos segundo padrões tie-dye^{3,4}

No tubo de centrifuga contendo solução do leucoíndigo podem ser mergulhados tecidos ou alternativamente a solução pode ser gotejada empregando pipetas Pasteur sobre os tecidos segundo diversos padrões de tie-dye. Os tecidos são deixados em repouso por 10 min, tempo para que ocorra a oxidação do leucoíndigo ao índigo. Os tecidos são então lavados em água corrente ou mergulhados em um béquer contendo água da bica a temperatura ambiente.



Referências:

- ¹ Silva, G. A. M.; Lira, L. M. A.; Barros, J.C. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Instituto de Química, UFRJ, no prelo, 2023.
- ² Simão, D. Synthesis of Indigo and Dyeing Process. In **Comprehensive Organic Chemistry for the Laboratory**, p363-365, Cambridge: RSC, 2017.
- ³ Koga, N.; Oliveira, A.H.A.; Sakamoto, K. Green Chemical Experiment: Indigo Dyeing. **Chem. Educator**, 13, 344-347, 2008.
- ⁴ Disponível em <https://br.pinterest.com/pin/794955771697184326/>. Acessada em 19 de Junho de 2023.
- ⁵ Disponível em <https://pt.wikihow.com/Tingir-uma-Camisa-no-Esnilo-Tie-Dye>. Acessada em 19 de Junho de 2023.

APÊNDICE E – ROTEIRO DO PROFESSOR

Título do Roteiro

Índigo, leucoíndigo e *tie-dye*

Objetivos

Trabalhar a síntese do corante índigo e inserir discussões acerca da teoria das cores, condensação aldólica, equilíbrio químico, solubilidade e tingimento de tecidos. Aperfeiçoar técnicas laboratoriais importantes.

Descrição

O manual da prática é um guia para o aluno durante a aula experimental. Ele é dividido em três partes a serem executadas em sequência. A primeira parte é a síntese do corante índigo; a segunda é a redução do índigo à sua forma leuco; e por último o tingimento dos tecidos partindo do corante gerado na síntese. Os tecidos a serem tingidos devem ser fornecidos pelo professor, sendo de preferência brancos para melhor visualização da prática. Vidrarias convencionais de laboratório para aferição de volume ou transferência de materiais são substituídos por opções mais acessíveis e descartáveis, permitindo trabalhar novas técnicas e, por serem corantes, o experimento tende a inviabilizar vidrarias pela sua forte adesão a superfície, logo, sua substituição por uma aparelhagem simples torna mais viável e menos custoso.

Proposta pedagógica

O roteiro atua como guia para os alunos no decorrer do experimento. O professor deve fazer uma introdução sobre a teoria das cores, condensação aldólica, equilíbrio químico e tingimento de tecidos e, junto aos alunos, trabalhar as técnicas de aferição de volume através de seringas graduadas descartáveis. Esse roteiro tem caráter de um experimento participativo. O professor tem a liberdade para introduzir outras discussões que se encaixem na temática da aula, como sugestão: a história dos corantes; a relação do Brasil com os corantes; e a poluição ambiental causada pelo descarte indevido dos corantes.

Público alvo

O roteiro desenvolvido pode ser aplicado para o ensino das temáticas objetificadas, por isso, sua aplicação é aconselhada para turmas de graduação que possuam em sua grade curricular a Química Orgânica. Esse roteiro também pode ser aplicado em turmas de ensino médio com a mudança do eixo norteador da aula.

Tópicos abordados

Os tópicos abordados nesse roteiro possuem ampla importância no ensino de Química Orgânica. A condensação aldólica está presente na síntese do índigo, logo, para trabalhar o Esquema de intermediários deste roteiro, é necessário pautar esse tópico. O índigo é um corante vat, por isso, é necessário reduzi-lo para sua forma leuco que é mais solúvel, sendo assim, solubilidade e equilíbrio químico são viabilizados.

Outros tópicos podem ser introduzidos como: reação de oxirredução, ácido e base e interação intermolecular, por meio do tingimento dos tecidos.

Conhecimento prévio

Para a realização do experimento, é aconselhado que haja o conhecimento sobre questões de solubilidade e equilíbrio químico, tópicos presentes na aula. Ademais, o roteiro pode ter caráter introdutório, por isso, não é necessário um conhecimento prévio dos alunos sobre os temas e técnicas a serem abordadas em aula.

Possibilidades educacionais

O roteiro proporciona discussões sobre tópicos abordados nas disciplinas teóricas da graduação, podendo ser fonte introdutória de conceitos ou atuando como um reforço para os mesmos. A execução permite a visualização do produto da síntese por meio da coloração, tornando o processo de ensino mais recompensador para os alunos pois o resultado do experimento é evidente.

Temas transversais

O presente roteiro é rico em possibilidades, pode-se trabalhar sustentabilidade, Química verde, história da Química, a relação dos povos originários com os corantes e Química no cotidiano.

Proposta de avaliação

Pode-se avaliar a aula para a graduação por meio da confecção de relatório. Em caso de aplicação no ensino médio, pode-se solicitar trabalhos de pesquisa ou seminários relacionados ao tema estruturador da aula.

Observações de segurança

Para a prática é utilizado uma solução concentrada de hidróxido de sódio, por isso, é necessário a utilização dos equipamentos de proteção individual para manusear os reagentes. Também é realizado um aquecimento em banho maria, logo, deve-se ter cuidado com a acetona presente no tubo para centrifuga de polipropileno, pois pode gerar pressão ao evaporar do meio reacional, sendo aconselhado aliviar a pressão ocasionalmente.

É importante fazer o devido descarte do corante não utilizado ao final da prática nos devidos descartes com o acondicionamento apropriado. Isto pode ser realizado em bombonas de PEAD e garrafas ou frascos de vidro. É necessário que seja identificado classificando o tipo de solvente utilizado para eventual descarte apropriado.

APÊNDICE F – ROTEIRO DO ALUNO

Título do Roteiro

Índigo, leucoíndigo e *tie-dye*

Objetivos

Trabalhar a síntese do corante índigo e inserir discussões acerca da teoria das cores, condensação aldólica, equilíbrio químico, solubilidade e tingimento de tecidos. Aperfeiçoar técnicas laboratoriais importantes.

Materiais e reagentes:

Materiais	Qtde	Materiais	Qtde
2-nitrobenzaldeído	-	Termômetro	5
NaOH (2M)	-	Tubo Falcon	5
D-glicose	-	Seringa (1mL)	10
Acetona	-	Espátula	5
Água	-	Béquer (50 mL)	5
Banho maria	5	Placa de aquecimento	5
Haste/garra/mufa	5	Proveta 10 (mL)	5
Balança semi-analítica	1	Tecido de algodão	10

Roteiro

Parte 1: Índigo

Em um tubo para centrífuga de polipropileno (tubo Falcon) de 50 mL sem agitador magnético são dissolvidos 50 mg de *o*-nitrobenzaldeído (0,33 mmols) em 1 mL de acetona. Em seguida são adicionados 1,75 mL de água e então 0,25 mL de solução de NaOH 2M. O tubo para centrífuga é então fechado e agitado manualmente com ocasional alívio da pressão por 10 min, tempo durante o qual a mistura se torna amarela e então roxa escura. O índigo formado neste processo será diretamente reduzido na próxima etapa sem isolamento.

Parte 2: leucoíndigo

Sobre a mistura reacional obtida anteriormente são adicionados no mesmo tubo de centrífuga 3g de D-glicose e 10 mL de solução de NaOH 2M. A mistura então obtida é colocada em banho-maria a 80°C por 20 minutos com ocasional alívio da pressão no tubo, tempo após o qual a mistura inicialmente roxa se torna cor de caramelo castanho escuro característica do leucoíndigo e do açúcar caramelizado.

Parte 3: tingimento de tecidos segundo padrões *tie-dye*

No tubo de centrífuga contendo solução do leucoíndigo podem ser mergulhados tecidos ou alternativamente a solução pode ser gotejada empregando pipetas Pasteur sobre os tecidos segundo diversos padrões de *tie-dye*. Os tecidos são deixados em repouso por 10 min, tempo para que ocorra a oxidação do leucoíndigo ao índigo. Os tecidos são então lavados em água corrente ou mergulhados em um béquer contendo água da bica a temperatura ambiente.