

Oficina de Corantes Naturais: Aprendizagem de Química Através de uma Sequência Didática Contendo Experimentação

Natural Dyes Workshop: Learning Chemistry Through a Didactic Sequence Containing Experimentation

Monique F. C. Bento,^a Roberta K. F. Marra,^a Daniella R. Fernandes,^a Bárbara V. Silva^{a,*}

^aUniversidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Centro de Tecnologia, Bloco A, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

*E-mail: barbara@iq.ufrj.br

Submissão: 8 de Outubro de 2025 – Aceite: 29 de Abril de 2026 – Publicado online: 14 de Maio de 2026

Natural dyes have been increasingly explored as sustainable alternatives to synthetic dyes in textile applications. Due to their structural diversity, varied sources, and extraction methods, natural dyes offer a rich and engaging context for teaching Chemistry in a creative and motivating way. This work aimed to design and implement a hands-on workshop for high school students, focusing on the extraction of natural dyes from common sources such as beetroot, black beans, hibiscus, annatto, onion peels, turmeric, and red cabbage. The workshop was developed to contextualize key chemistry concepts in an engaging and practical manner, addressing topics such as mixture separation, pH, organic functional groups, and intermolecular interactions. Implemented with first- and second-year students from two schools, the workshop was divided into three sessions: The first session consisted of a theoretical class covering the chemical principles behind the practical activities. In the second session, students performed the extraction of natural dyes and participated in a discussion circle. In the third session, they applied the extracted dyes in a cotton fabric dyeing activity using the tie-dye technique, integrating art and science. Student learning was assessed through a questionnaire containing both open-ended and multiple-choice questions related to the workshop content. The results showed that first-year students from the two schools achieved scores of 51 and 68%, while second-year students scored 66 and 87%, respectively, demonstrating the effectiveness of the activities. Some Chemistry topics considered more abstract remained challenging for students, as reflected in lower scores on related questions, even with the use of active learning methodologies. Nevertheless, the activities clearly fostered student engagement and autonomy. Students carried out all practical tasks independently, actively participated in the learning process, and had their voices heard, especially during the discussion circle. Undoubtedly, students were able to connect Chemistry to their everyday lives, seeing it beyond chemical formulas.

Keywords: Natural dyes; fabric dyeing; chemistry education; tie-dye.

1. Introdução

Os corantes encontram aplicações em diversas áreas, como em indústrias de alimentos, cosméticos, tintas, medicamentos, têxtil, couro, papel, plásticos e detergentes. Em particular, os corantes naturais vêm sendo usados há milhares de anos para colorir fibras, tecidos e outros materiais, obtidos a partir de plantas, insetos e minerais. Há uma extensa investigação sobre o desenvolvimento desses corantes, e ao longo do tempo, sua utilização evoluiu, refletindo em mudanças significativas na cultura, na tecnologia e no meio ambiente.¹

De acordo com as estruturas químicas, os corantes naturais podem ser classificados como indigoides, piridinas, carotenoides, quinonóides, flavonoides, dihidropiranos, betalainas e taninos. Estes compostos são extraídos de fontes naturais por diversas técnicas convencionais e modernas, empregando um solvente adequado de acordo com o corante

alvo. A maioria dos corantes naturais, como as betalainas, clorofilas e flavonoides, pode ser extraída por meio de soluções aquosas, uma vez que essas classes de compostos são hidrossolúveis. Já os carotenoides, por serem lipofílicos, exigem o uso de soluções alcoólicas para uma extração eficiente.²

No contexto do tingimento têxtil, os corantes naturais têm despertado crescente interesse entre pesquisadores e empresários como alternativas mais sustentáveis aos corantes sintéticos. Isso se deve às suas características ecológicas favoráveis, como a origem em recursos renováveis, a biodegradabilidade e o menor impacto ambiental ao longo do ciclo de vida.³

A extração de corantes naturais e sua aplicação no tingimento têxtil constitui uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino de Química, pois contribui para tornar a disciplina mais acessível e menos abstrata aos olhos dos estudantes. Ao

relacionar os conteúdos químicos com práticas concretas e cotidianas, essa abordagem favorece o engajamento dos alunos e reduz a percepção de dificuldade frequentemente associada à Química.⁴ Segundo Chassot (1995),⁵ o cerne da dificuldade no aprendizado da Química está em sua linguagem caracterizada como esotérica, baseada em símbolos, nomes e fórmulas. Em geral, os conteúdos de Química são apresentados para os alunos na Educação Básica, de forma tradicional, com resoluções de exercícios, quadro e giz, impedindo que o discente correlacione a matéria estudada com o seu cotidiano.^{6,7} Esse método é visto como ultrapassado, no entanto, ainda é o mais utilizado, especialmente nas escolas públicas do Brasil, sendo o professor o centro do processo de ensino-aprendizagem.⁷

A transição do sistema tradicional de ensino para uma abordagem baseada em metodologias ativas de aprendizagem é bastante discutida na literatura, pois essas estratégias permitem desenvolver habilidades diversificadas, tornar o aluno mais participativo, proativo, comunicativo e investigador.⁸⁻¹⁰ No contexto da Química, estudiosos sustentam que a melhora na qualidade do ensino está associada ao uso de metodologias que valorizem a experimentação, pois proporciona aos estudantes a oportunidade de adquirir conhecimento da realidade, capacitando-os a refletir criticamente sobre o mundo em que vivem.^{11,12} Nesse sentido, Soares, Silva e Cavalheiro¹³ destacaram as vantagens da utilização da experimentação, especialmente quando ensina-se conteúdos de química utilizando os recursos naturais, o que possibilita ao docente discutir a importância de sua preservação.

O ensino de ciências, segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco,¹⁴ deve apresentar temas do cotidiano dos estudantes, pois diante de problemas reais, promove-se a comunicação, o questionamento e a valorização dos saberes prévios. Dessa forma, o estudante é preparado para responder à problematização inicial, compreender e resolver situações que se apresentam em novos contextos, resultando numa aprendizagem mais significativa e de relevância social.

Entre as metodologias ativas, destacam-se as oficinas, que podem ser definidas como espaços pedagógicos organizados para promover a construção ativa do conhecimento, nos quais se busca resolver problemas ou explorar situações a partir da articulação entre saberes teóricos e práticos, envolvendo trabalho em equipe, ação e reflexão, utilizando temas relevantes que permitam contextualizar os conteúdos e estabelecer conexões com outras áreas do conhecimento. Nas oficinas temáticas, os conceitos químicos são tratados de forma integrada, com base em atividades experimentais e discussões que relacionam ciência, tecnologia e sociedade, favorecendo a participação ativa do estudante e o desenvolvimento de competências para compreender e intervir na realidade, o que pode despertar o interesse pela ciência.¹⁵⁻¹⁸

O uso de atividades experimentais em oficinas está alinhado com os princípios do processo de ensino-aprendizagem

defendidos por Paulo Freire e Delizoicov. Embora esses teóricos da educação tenham atuado em contextos sociais e políticos distintos no Brasil, compartilham muitas ideias em comum. Ambos defendem o papel do professor como agente facilitador do conhecimento, a importância do diálogo constante e libertador com os alunos e a promoção de uma aprendizagem para além da mera transmissão de definições, conceitos, relações e teoremas.¹⁹

Diversos trabalhos na literatura utilizam corantes como tema central no ensino da Educação Básica, devido à variedade de aspectos que podem ser explorados, como suas estruturas químicas, diferentes fontes de obtenção, métodos de extração e possibilidades de abordagem sociocultural e ambiental.^{6,13,20-24} Nesse contexto, autores têm desenvolvido propostas interdisciplinares e experimentais envolvendo o tingimento de fibras, permitindo relacionar as propriedades de cor ao espectro eletromagnético, discutir a química dos corantes e das soluções, além de abordar conceitos fundamentais como ligações químicas, polaridade, ácidos e bases, bem como agentes oxidantes e redutores.²⁰⁻²⁵

Práticas de extração de corantes naturais de diferentes fontes, tais como legumes e flores, também são bastante recorrentes como atividades de ensino, especialmente aquelas que tratam de conceitos de indicadores de pH, polaridade, solubilidade, funções orgânicas, métodos de separação de misturas e equilíbrio ácido-base.^{6,13,20,24} Estudos mais avançados abordam, ainda considerando essa temática, o ensino de complexação de íons metálicos, relação entre estruturas químicas, preparação de amostras, separação de misturas, e introdução a técnica de cromatografia.^{26,27}

Trabalhos mais atuais têm explorado temáticas de energia limpa e renovável, especialmente considerando o conceito de células sensibilizadas por corantes naturais,²⁸⁻³⁰ assim como experimentos simples, rápidos e reprodutíveis que integram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com o currículo da educação científica.³¹ Esta abordagem possibilita a interdisciplinaridade, atendendo aos requisitos energéticos, tecnológicos, ambientais e contextualizados na escola.

Percebe-se, portanto, que a temática de corantes naturais no ensino de Química é amplamente explorada, com estudos que abordam não apenas sua composição e a reatividade, mas também diferentes aplicações práticas. Este estudo, entretanto, tem como objetivo apresentar o planejamento e a execução de uma oficina experimental de verificação estruturada, cuja temática central consiste na extração de corantes naturais. A proposta contempla uma abordagem integrada de conceitos químicos, aliada à avaliação de sua efetividade na aprendizagem dos estudantes. Para a realização da oficina, foram utilizadas frutas, legumes e temperos como fontes de extração, servindo como ponto de partida para a aplicação de uma ferramenta pedagógica voltada ao ensino

de conteúdos como separação de misturas, pH, funções orgânicas e interações intermoleculares, em turmas do Ensino Médio. Além disso, buscou-se proporcionar aos discentes uma análise crítica das informações, favorecendo a construção do conhecimento científico. A oficina foi organizada em 3 encontros: o primeiro consistiu em uma aula teórica sobre os conceitos químicos envolvidos; o segundo, na prática de extração dos corantes naturais e em uma roda de conversa; e o terceiro na aplicação dos corantes extraídos em uma atividade de tingimento de tecidos de algodão, empregando a técnica *tie-dye*, uma proposta que alia arte e ciência.

2. Experimental

2.1. Elaboração da oficina de corantes naturais

A metodologia utilizada para elaboração da oficina dividiu-se em etapas, contemplando desde o planejamento prévio das atividades até sua aplicação com alunos do Ensino Médio. As etapas foram as seguintes: 1) Seleção das matérias-primas utilizadas como fonte de corantes naturais; 2) Investigação dos métodos de extração dos corantes naturais selecionados; 3) Procedimento para o tingimento de tecidos utilizando os corantes naturais; 4) Seleção dos conteúdos de Química relacionados aos corantes naturais; 5) Aplicação da oficina com os estudantes; e 6) Verificação da aprendizagem, por meio de questionário.

2.1.1. Seleção das matérias-primas utilizadas como fonte de corantes naturais

A etapa da seleção das fontes de corantes naturais priorizou as matérias-primas de fácil acesso, baixo custo e presentes no cotidiano dos alunos. Cada uma foi escolhida com o objetivo de oferecer diferentes propriedades de cor, tornando a atividade mais atrativa para aplicação no ensino de Química. As fontes de corantes estudadas foram: açafreão da terra (cor amarela), beterraba (cor rosa), repolho roxo (cor lilás), urucum (cor laranja), hibisco (cor vermelha), casca de cebola roxa (cor verde), casca de cebola amarela (cor laranja-amarronzado) e feijão (cor azul).

Tabela 1. Fontes de corantes naturais e condições utilizadas para a extração

Fonte do Corante	Massa (g)	Béquer 1 (mL)	Solvente	V (Solvente, mL)	Béquer 2 (mL)
Açafreão da terra picado*	60	600	Etanol 96%	150	100
Açafreão da terra picado*	60	600	Água/Etanol 96% (1:1)	200/200	600
Beterraba picada*	100	600	Água	300	250
Repolho roxo*	60	600	Água	150	100
Hibisco**	60	250	Água	150	250
Casca de cebola roxa*	17	600	Água	150	100
Casca de cebola amarela*	15	600	Água	150	100
Feijão preto*	500	2000	Água	1000	2000

**in natura*; **pétalas dessecadas da flor.

2.1.2. Investigação dos métodos de extração dos corantes naturais selecionados

Os métodos de extração dos corantes das fontes selecionadas mostraram-se simples, rápidos e adequados a diferentes realidades escolares, empregando-se como solventes água ou álcool comercial (etanol 96%). O procedimento geral consistiu em adicionar, em um béquer (**Béquer 1**), a fonte do corante juntamente com o solvente correspondente, conforme indicado na Tabela 1. A mistura, coberta com um vidro de relógio, foi aquecida em placa de aquecimento e mantida sob ebulição por 40 minutos. Em seguida, o béquer foi retirado do aquecimento e mantido em repouso até atingir a temperatura ambiente. O conteúdo foi então filtrado para outro béquer (**Béquer 2**), obtendo-se uma solução do corante extraído, cuja coloração variou de acordo com a fonte precursora. Por fim, a solução foi transferida para uma garrafa plástica (PET), envolvida em papel alumínio, e armazenada em geladeira para posterior utilização.

Detalhes experimentais para a realização da prática de extração estão disponíveis no *e-book* “*Explorando as cores da terra: Proposta de oficina para uso de corantes naturais como facilitador do ensino de Química*”,³² um recurso educacional desenvolvido a partir de uma dissertação de mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), cuja aplicação é apresentada neste trabalho.

2.1.3. Procedimento para o tingimento de tecidos utilizando os corantes naturais

Para o processo de tingimento, foram utilizados oito pedaços de tecido de algodão branco (8 cm × 8 cm), que passaram pelos procedimentos de limpeza (purga) e aplicação de fixadores (mordentes), respectivamente. Inicialmente, determinou-se a massa dos tecidos para calcular a quantidade de detergente necessária para etapa da purga. Em seguida, os tecidos foram colocados em um bécher com aproximadamente 2 L de água, à qual se adicionou detergente neutro equivalente a 10% em massa dos tecidos. A mistura foi aquecida em placa de aquecimento até atingir a fervura; na sequência, a placa foi desligada e a solução mantida em

repouso até alcançar a temperatura ambiente. Depois dessa etapa, os tecidos foram lavados em água corrente e deixados para secar naturalmente. Para a fixação, os tecidos foram imersos em um béquer de 2 L com água suficiente para cobri-los completamente, adicionando-se alúmen de potássio (pedra-hume) em quantidade equivalente a 10% em massa do tecido. O béquer foi aquecido em placa por 40 minutos, mantendo-se a solução na temperatura de ebulição da água. Após essas etapas, os oito tecidos foram tingidos diretamente, por imersão nos corantes extraídos.

A técnica de *tie-dye* foi realizada em peças de roupas, tais como uma blusa branca (100% algodão), amarrando-a com barbante para formar pequenas áreas delimitadas. Utilizando bisnagas plásticas, os corantes foram aplicados individualmente em cada região até que toda a peça estivesse tingida. Após a aplicação, o tecido permaneceu em repouso por 30 minutos para permitir a fixação dos corantes, sendo então lavado em água corrente, torcido manualmente e deixado para secar ao ar livre.³²

2.1.4. Seleção dos conteúdos de Química relacionados aos corantes naturais

Os conteúdos de Química foram selecionados considerando que os corantes utilizados neste estudo são compostos orgânicos, cuja estrutura molecular determina as propriedades cromáticas observadas. Essas moléculas podem sofrer modificações estruturais conforme o meio em que estão presentes, o que resulta em variações de cor, de acordo com seu pH, aspecto que desperta o interesse do aluno. Além disso, a escolha do solvente mais adequado para a extração está diretamente relacionada às interações intermoleculares envolvidas. Com base nesses fundamentos, foram selecionados tópicos de Química compatíveis com os currículos das três séries do Ensino Médio: separação de misturas, mudanças de cores das substâncias pela alteração do pH, funções orgânicas e interações intermoleculares. O Quadro 1 apresenta os tópicos de química relacionados ao tema dos corantes naturais, separados por ano de escolaridade, visando uma orientação aos docentes na preparação das aulas.

A partir dessa idealização de temas, foram preparadas aulas teóricas na forma de *slides*, elaborada no aplicativo Canva (<https://www.canva.com>), uma plataforma voltada

à criação de materiais gráficos diversos. Buscou-se utilizar *slides* bem ilustrados para que fossem visualmente atrativos aos discentes. Em alguns *slides* foram adicionados *links* direcionados à artigos relacionados com a temática em estudo, buscando sempre a contextualização. As aulas foram elaboradas para 2 tempos de 50 minutos cada, abordando os temas: separação de misturas (filtração, peneiração, decantação, extração, destilação simples, destilação fracionada e evaporação), mudanças de pH por indicadores naturais (extrato de repolho roxo, hibisco, feijão preto, cebola roxa e cúrcuma) e artificiais (fenolftaleína, azul de bromotimol, azul de metileno, alaranjado de metila e vermelho congo), interações intermoleculares (iônicas, ligação de hidrogênio, dipolo-dipolo e dipolo instantâneo-dipolo induzido) e funções orgânicas (hidrocarbonetos, álcool, éter, cetona, aldeído, éster, ácido carboxílico, amina e amida). Os *slides* podem ser acessados na referência 32.

2.2. Aplicação da oficina com os estudantes

A oficina chamada “*Colorindo a química com os corantes naturais!*” foi aplicada em uma escola estadual e em uma escola particular, identificadas neste trabalho, para fins de anonimato, como CEJV e CEI, respectivamente. No CEJV, participaram da oficina uma turma do primeiro ano do Ensino Médio do Curso Normal (CN), com 42 alunos, e uma turma do segundo ano do mesmo curso, composta por 40 alunos. Já no CEI, a atividade contou com a participação de uma turma do primeiro ano do Ensino Médio do Itinerário Formativo de Química (IFQ), com 38 alunos, e de uma turma do segundo ano da Formação Geral Básica (FGB), com 32 alunos. A oficina foi aplicada ao longo de três encontros semanais consecutivos, cada um com duração de 100 minutos, divididos em dois tempos de 50 minutos.

2.2.1. Aula teórica

Para cada turma, a aula teórica foi ministrada por meio de *slides* e conduzida de forma tradicional. Após essa etapa, os alunos foram organizados em oito grupos, compostos por quatro a seis integrantes, conforme o número total de discentes, que variou entre 32 e 42 nas quatro turmas. Cada grupo recebeu uma tarefa para casa, formalizada por meio

Quadro 1. Ano de escolaridade e os conceitos de química abordados

Ano de Escolaridade	Conceitos de Química
1º ano do Ensino Médio	Separação de misturas, mudanças de cores de acordo com o pH e noções de sustentabilidade.
2º ano do Ensino Médio	Química orgânica, mostrando o carbono como elemento central para constituição de diferentes moléculas orgânicas, bem como as funções orgânicas e as interações intermoleculares, aproveitando-se das substâncias presentes nos corantes naturais.
3º ano do Ensino Médio	Pode-se abordar todos os conteúdos acima.

do *Bilhete 1*, contendo instruções claras sobre a atividade. O bilhete indicava qual matéria-prima cada grupo deveria trazer para a próxima aula, além de orientações sobre onde encontrá-la. Também foi solicitado que os alunos trouxessem uma garrafa PET e um rolo de papel alumínio, materiais necessários para a etapa prática da oficina.

2.2.2. Extração dos corantes naturais

A extração dos corantes naturais foi realizada pelos próprios alunos, utilizando o procedimento experimental previamente validado e entregue pela docente no dia da atividade. Esse material continha informações sobre a cor, possíveis substâncias presentes no corante e algumas curiosidades.³² Os alunos foram devidamente instruídos sobre o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), como jaleco e óculos de segurança. Em cada experimento de extração, houve um tempo de espera, em torno de 40 minutos a 1 hora, tempo em que foi estabelecido um diálogo com os discentes, realizando perguntas direcionadas para uma maior interação entre os discentes e docente. Ao final do encontro, o docente entregou o *Bilhete 2*, solicitando que cada aluno providenciasse uma peça de roupa branca, 100% algodão, e realizasse os procedimentos de purga, preparando-a para a atividade seguinte. Esse bilhete continha o detalhamento do procedimento para a realização da purga em casa.³²

2.2.3. Aplicação da Técnica Tie-Dye

Toda a etapa experimental, que abrangeu desde a preparação do tecido por meio da purga, passando pela aplicação de fixadores, até o tingimento com corantes naturais foi conduzida pelos próprios alunos. As peças de roupas brancas (100% algodão), como blusas ou meias, foram providenciadas pelos estudantes. Em seguida, os alunos aplicaram a técnica *tie-dye*, selecionando as cores de sua preferência. Também foram disponibilizadas tonalidades obtidas pela mistura de cores primárias, incentivando a criação de novas combinações cromáticas. Ao final desse encontro, os alunos receberam o *Bilhete 3*, contendo instruções sobre os cuidados necessários para a lavagem do tecido tingido.

2.3. Verificação da aprendizagem

Na semana seguinte, foi realizada uma avaliação por meio de um questionário impresso em folha A4, contendo 10 perguntas, sendo 5 objetivas e 5 discursivas, relacionadas aos temas abordados durante a atividade. O instrumento teve como finalidade avaliar dois aspectos principais: (i) o ganho de conhecimento químico pelos estudantes e (ii) sua percepção sobre a experiência vivenciada. As respostas foram coletadas e organizadas para análise posterior, visando identificar indícios de aprendizagem e compreender a relevância atribuída pelos alunos à atividade.

3. Resultados e Discussão

3.1. Planejamento e elaboração da oficina

A seleção das oito fontes de matérias-primas de corantes – beterraba, açafraão da terra, repolho roxo, hibisco, feijão, casca de cebola roxa, casca de cebola amarela, urucum – visou a obtenção de uma paleta de cores. A beterraba forneceu a cor rosa, proveniente das betalainas (**1**), caracterizadas por um núcleo heterocíclico nitrogenado ligado a um grupo imínico conjugado, sendo a betanina (**2**) um exemplo representativo. O açafraão-da-terra originou a cor amarela, atribuída à curcumina (**3**), pertencente à classe dos polifenóis, que apresenta um núcleo diaril-heptanoide com grupos cetona conjugados. O repolho roxo forneceu a cor lilás, e o hibisco, a cor vermelha, ambas associadas às antocianidinas (**4**); o feijão, a cor azul, devido à antocianina delfinidina-3-O-glicosídeo (**5**); a casca de cebola roxa, a cor verde, obtida em meio básico pela presença de quercetinas (**6**); e a casca de cebola amarela, a tonalidade laranja-amarronzada, também relacionada às quercetinas (**6**). O repolho roxo, o hibisco, o feijão preto e as cascas de cebola roxa e amarela são fontes que apresentam em sua matriz compostos pertencentes à classe dos flavonoides, caracterizados pelo esqueleto de benzo- γ -pirona. Por fim, o urucum originou a cor laranja, associada aos carotenoides norbixina (**7**) e bixina (**8**), constituídos por longas cadeias de hidrocarbonetos insaturados e conjugados (Figura 1).³³⁻³⁵ Dessa forma, a seleção alinou-se com os princípios da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), que prima pela utilização de recursos do cotidiano e de fácil acesso nas práticas pedagógicas da Educação Básica.¹³ Ao utilizar esses materiais simples e familiares, a contextualização do conteúdo e a aproximação entre o conhecimento científico e a realidade dos estudantes são favorecidas.

Em uma análise química, os corantes orgânicos possuem um ou mais grupos cromóforos, os quais são responsáveis pela coloração apresentada, pois absorvem na região ultravioleta e visível do espectro, principalmente devido às transições eletrônicas, que ocorrem entre os orbitais moleculares de fronteiras, de um sistema conjugado de ligações duplas. Além dos cromóforos, os corantes possuem grupos auxocromos (doadores de elétrons) e antiauxocromos (receptores de elétrons), que contribuem para a diversificação das cores, pois influenciam o grupo cromóforo, deslocando o comprimento de onda absorvido para um valor maior (deslocamento batocrômico) ou menor (deslocamento hipsocrômico). Além disso, podem alterar a intensidade de absorção dos comprimentos de onda, aumentando-a (efeito hiperacrômico) ou provocando sua diminuição (efeito hipocrômico).^{35,36}

Ao analisar as estruturas das substâncias (**1-8**) da Figura 1, que são as responsáveis pelas cores selecionadas neste

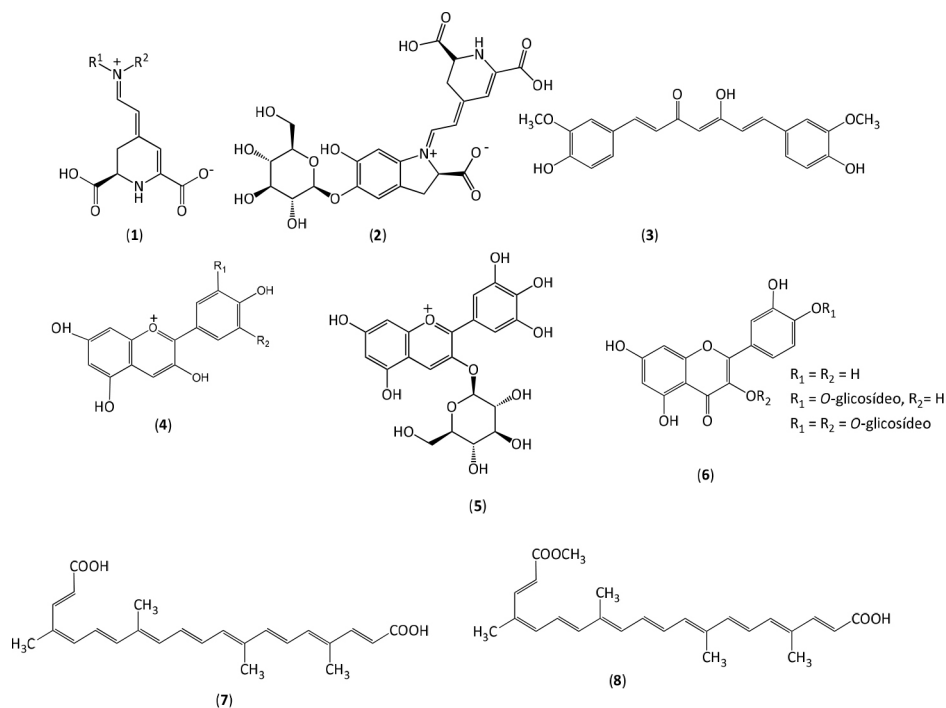


Figura 1. Estruturas químicas de pigmentos naturais: betalainas (1) e betaninas (2), contendo grupos imina e fenólicos; curcumina (3), caracterizada por grupos β -dicetona e fenóis metoxilados; antocianidinas (4), com núcleo flavílio catiônico; delfinidina-3-*O*-glicosídeo (5), apresentando grupo glicosídico ligado ao núcleo flavílio; quercetina (6), flavonol com múltiplos grupos hidroxila fenólicos; carotenoides norbixina (7), contendo ácido carboxílico conjugado; e bixina (8), contendo éster metílico de cadeia poliênica

trabalho, percebe-se justamente essas características. A título de ilustração, a Figura 2 mostra a deslocalização eletrônica, em função das ligações duplas, presentes na betalainá. Esta estrutura atua como um cromóforo com absorção de luz visível na região de 457–485 nm, produzindo a cor amarelo-alaranjada característica das betaxantinas.^{37,38}

No caso das betacianinas, também presentes na beterraba, a substituição da estrutura básica por um núcleo aromático amplia o sistema de ressonância eletrônica, produzindo um deslocamento batocrômico de 50 a 70 nm, de modo que sua absorção característica fica próxima de 532-550 nm, conferindo uma pigmentação vermelho-violeta.^{37,38}

Dentre os vários métodos de extração disponíveis na literatura científica, optou-se pelo método de extração sólido-líquido, utilizando-se água ou etanol como solventes. Esse método é simples e acessível, pois emprega materiais facilmente disponíveis. A definição do solvente foi orientada pela solubilidade dos compostos presentes nas matérias-primas,

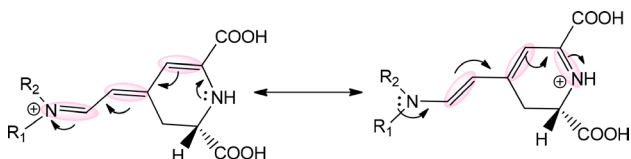


Figura 2. Estruturas de ressonância da betalainá. A sombra rosa representa a nuvem de elétrons dentro do sistema de ligação dupla conjugada. Adaptado de Calva-Estrada, Jiménez-Fernández e Lugo-Cervantes³⁸

buscando garantir maior eficiência na extração dos corantes naturais.

A solubilidade dos corantes orgânicos utilizados na extração está diretamente relacionada à sua estrutura molecular, especialmente às forças intermoleculares envolvidas. O processo de dissolução de qualquer espécie química pode ser explicado pela análise da energia necessária para desfazer as interações soluto-soluto e solvente-solvente, e da energia resultante do estabelecimento de novas interações soluto-solvente. Termodinamicamente, a espontaneidade do processo é determinada pela variação da energia livre de Gibbs (ΔG), expressa pela equação: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, onde ΔH é a variação de entalpia, T a temperatura absoluta e ΔS a variação de entropia. O fator entropia ($\Delta S > 0$) geralmente favorece a dissolução, pois a formação de soluções tende a aumentar a desordem do sistema. Entretanto, mesmo com ΔS positivo, valores muito elevados de ΔH (fortemente endotérmicos) podem resultar em $\Delta G > 0$, tornando o processo não espontâneo sob determinadas condições de temperatura. Por outro lado, quando ΔH é negativo, nulo ou fracamente positivo, a contribuição entrópica é suficiente para que ΔG seja menor que zero ($\Delta G < 0$), indicando dissolução espontânea.³⁹

O etanol foi empregado como solvente exclusivamente para a extração dos corantes do açafrão da terra (curcumina (3)) e do urucum (norbixina (7) e bixina (8)), devido à presença de grandes cadeias carbônicas hidrofóbicas em suas

estruturas químicas, o que confere baixa solubilidade em água. Em contraste, o etanol permite a formação de ligações de hidrogênio com os átomos de oxigênio e hidrogênio presentes nas estruturas desses corantes, além de possibilitar interações do tipo forças de London. A Figura 3 ilustra as estruturas desses corantes, destacando os grupos hidrofóbicos e hidrofílicos.

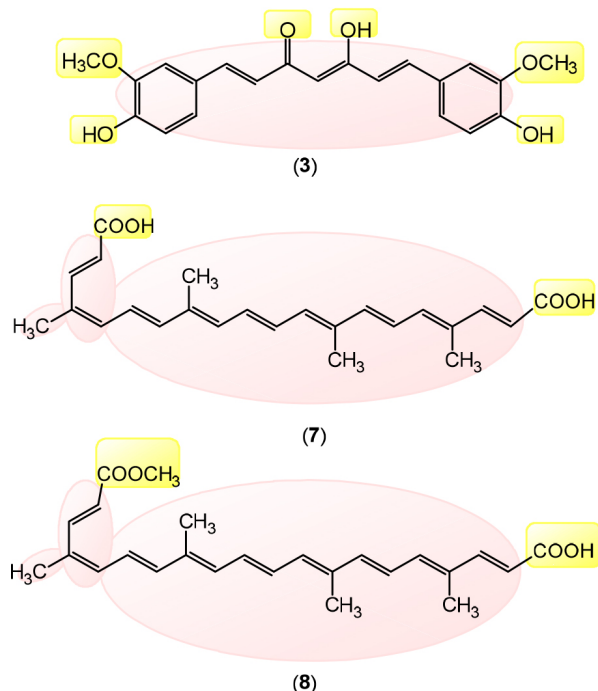


Figura 3. Estruturas químicas da curcumina (3) norbixina (7) e bixina (8), mostrando as regiões hidrofóbicas (em rosa) e hidrofílicas (em amarelo)

Os corantes provenientes da beterraba (betanina), repolho roxo, cebola, hibisco e feijão (flavonoides) apresentam maior quantidade de grupos hidrofílicos e cadeias hidrocarbônicas menores em comparação aos carotenoides, o que favorece sua solubilidade em água. Isso ocorre principalmente devido

à possibilidade de formação de mais interações por ligações de hidrogênio com o solvente (água). Em outras palavras, a formação de ligações de hidrogênio entre o corante e a água compensa energeticamente o rompimento das interações por ligações de hidrogênio entre as moléculas de água. Esse equilíbrio energético favorece o processo de dissolução, resultando em uma variação negativa da energia livre de Gibbs.

Em cada extração, a mistura do material vegetal com o solvente (água ou etanol) foi aquecida até o ponto de ebulição do solvente, com o objetivo de obter um extrato rico em corantes. O aquecimento aumenta a importância do fator entrópico, diminuindo a energia livre de Gibbs e, conseqüentemente, melhorando a solubilidade dos compostos orgânicos. De acordo com Black e Muller (2010), a solubilidade de compostos orgânicos geralmente aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura (em °C).⁴⁰

A Tabela 2 mostra os resultados dos volumes dos extratos obtidos e a coloração, após o término da extração. A Figura 4 ilustra os resultados provenientes das etapas da extração do corante do açafrão da terra, desde a pesagem do material até a obtenção do corante amarelo em extrato etanólico. O etanol foi escolhido devido ao seu baixo custo, fácil acessibilidade e baixa toxicidade, porém, outros solventes podem ser utilizados para a extração da curcumina, como a acetona, o isopropanol e o metanol.^{41,42} Este corante também pode ser extraído por Soxhlet,⁴³ e outros métodos mais sofisticados, como as extrações com o uso de ultrassom,⁴⁴ micro-ondas,⁴⁵ enzima,⁴⁶ fluido supercrítico,⁴⁷ e líquido pressurizado.⁴⁸

A fim de preservar a qualidade e estabilidade dos extratos obtidos, estes foram acondicionados em recipientes de PET protegidos da luz por envoltório de papel alumínio e mantidos sob refrigeração. A casca de cebola roxa, quando tratada com alúmen de potássio, apresentou alteração cromática decorrente da variação do pH do meio, passando da tonalidade vinho para verde.

Tabela 2. Matérias-primas e massas utilizadas na extração, volume do extrato obtido e coloração resultante após o processo de extração

Cor do Extrato	Massa (g)	Volume do Extrato (mL)	Cor do Extrato
Açafrão da terra*	60	40	Amarelo
Açafrão da terra**	60	350	Amarelo
Beterraba	100	200	Rosa
Repolho Roxo	60	45	Lilás
Urucum	30	40	Laranja
Hibisco	60	40	Vermelho
Casca de cebola roxa	17	50	Verde***
Casca de cebola amarela	15	50	Laranja-amarronzado
Feijão	500	2000	Azul

*Resultado utilizando apenas etanol 96% como solvente; **Resultado utilizando mistura 1:1 (etanol 96% e água); ***A cor do extrato obtido da casca de cebola roxa é vinho intenso. No entanto, a adição do mordente com caráter básico altera o pH do meio, promovendo uma mudança na tonalidade para o verde.



Figura 4. Fotografias que ilustram as etapas de extração do corante do açafrão da terra: (A) pesagem, (B) adição de etanol, (C) aquecimento, (D) filtração e (E) extrato

A Figura 5 apresenta os resultados das colorações obtidas com os extratos extraídos das diferentes matérias-primas analisadas. Observa-se uma diversidade de tonalidades, todas com boa intensidade e uniformidade, o que demonstra o potencial desses corantes naturais para o tingimento de tecidos, oferecendo uma ampla gama cromática.

Assim como a extração foi primeiramente investigada antes de levar a proposta até os alunos, o tingimento de tecido empregando a técnica *tie-dye*, utilizando os corantes extraídos, foi previamente avaliado. Para isso, os oito pedaços de tecidos de algodão, passaram pelos procedimentos da purga e de adição de mordentes, conforme descrito na seção 2.1.3 e na referência 32. A purga consiste na limpeza dos tecidos para eliminar gorduras, resinas, impurezas, e para torná-los mais hidrofílicos.⁴⁹ Geralmente, o processo de limpeza envolve fervura do tecido em soluções com agentes tensoativos, sendo utilizado para remover gomas e resíduos decorrentes do processo de fabricação têxtil, como óleos lubrificantes, o que pode impactar de forma negativa na capacidade de aderência do corante à fibra e, podem, também, resultar em baixa uniformidade na umectação do tecido nas etapas seguintes.^{50,51} Após a limpeza e enxague em água corrente para remoção do excesso de detergente,

não se observou alterações visuais perceptíveis do tecido, o caracterizando como adequado para a aplicação do mordente.

Para a fixação dos corantes nos tecidos foi necessário a aplicação de um mordente, que no caso, foi uma solução aquosa de alúmen de potássio hidratado ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ - sulfato de alumínio e potássio dodeca-hidratado). O átomo de alumínio presente no alúmen forma complexos de coordenação com o corante durante o processo de tingimento têxtil. Essa interação facilita a fixação do corante nas fibras do tecido.⁵² A literatura reporta outros mordentes, como sulfato de cobre, cloreto estânico e sulfato ferroso.⁵³ A coordenação do metal com átomos de oxigênio e nitrogênio da fibra explica o mecanismo geral para a fixação, conforme exemplificado na Figura 6.

Os métodos para a aplicação de mordentes são classificados de acordo com o tempo de aplicação destes, são eles: os pré-mordentes, que são utilizados antes do tingimento; os mordentes simultâneos, que são utilizados juntamente com os corantes; e os pós-mordentes, que são utilizados após o tingimento.⁵⁵ Neste trabalho, optou-se por aplicar os mordentes antes do tingimento para facilitar o procedimento, tendo em vista a forma de aplicação dos corantes naturais em bisnagas sem aquecimento.



Figura 5. Ilustração de todos os resultados do procedimento de extração de corantes das diferentes matérias primas. (A- açafrão-da-terra; B- beterraba; C- repolho roxo; D- urucum; E- hibisco; F- cebola roxa; G- cebola amarela; H- feijão-preto)

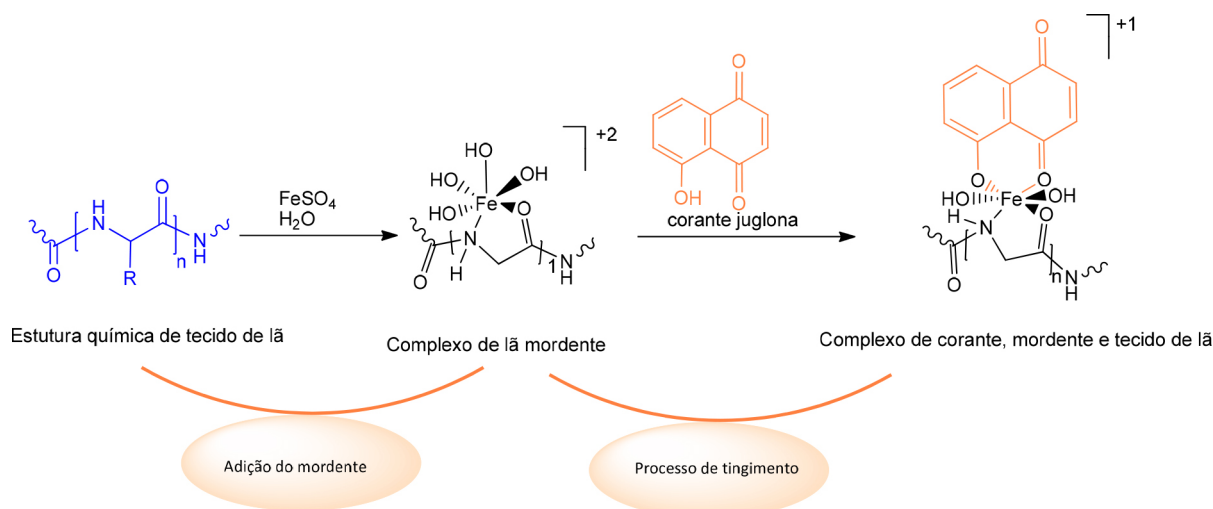


Figura 6. Representação esquemática da interação lã-mordente-corante. Adaptado de Bukhari *et al.*, 2017⁵⁴

Após o procedimento de fixação, os tecidos separados para os testes foram submetidos ao tingimento com os diferentes corantes naturais extraídos. A Figura 7 mostra os tecidos imersos nas soluções corantes, e a Figura 8 exibe os resultados dos tingimentos realizados.

A Figura 8(H) mostra o corante da cebola roxa com a coloração verde militar. Conforme já mencionado, essa cor foi obtida após a adição de 10% de alúmen de potássio em relação à massa do tecido. De acordo com Septhum, Rattanaphani e Rattanaphani (2007),⁵⁶ o alúmen reage com a quercetina,

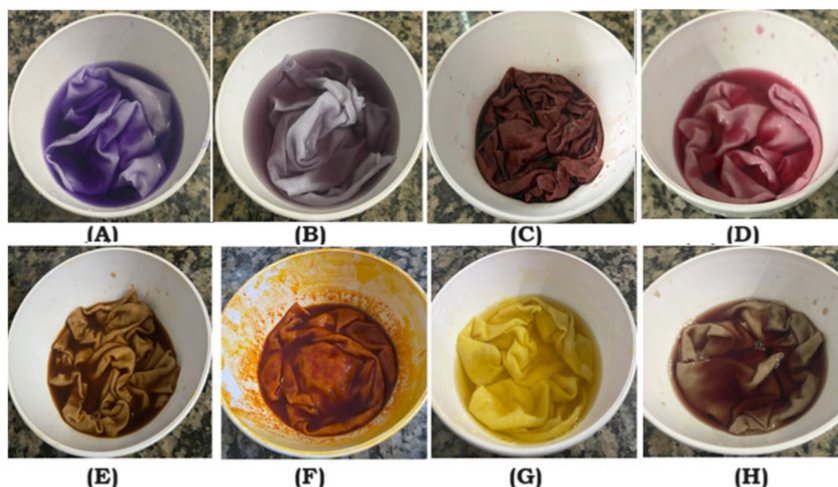


Figura 7. Tingimento dos tecidos com os corantes obtidos das extrações: ((A) repolho roxo, (B) feijão preto, (C) hibisco, (D) beterraba, (E) cebola amarela, (F) urucum, (G) açafraão-da-terra e (H) cebola roxa



Figura 8. Cores dos tecidos após o tingimento: (A) repolho roxo, (B) feijão preto, (C) hibisco, (D) beterraba, (E) cebola amarela, (F) urucum, (G) açafraão-da-terra e (H) cebola roxa

principal composto presente na casca da cebola, formando um complexo com configuração octaédrica, como mostrado na Figura 9, causando um deslocamento do comprimento de onda absorvido para um valor maior (deslocamento batocrômico).

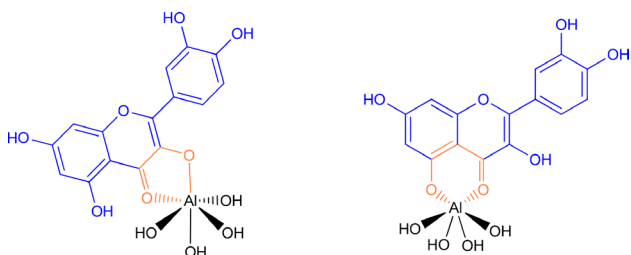


Figura 9. Propostas de formação do composto de coordenação de alumínio-quercetina. Adaptado de Septhum, Rattanaphani e Rattanaphani (2007)⁵⁶

Após os ensaios realizados com os pedaços de tecido, uma blusa branca de algodão, previamente, purgada e submetida ao processo de fixação com mordente, foi tingida utilizando a técnica do *tie-dye*. Essa técnica artesanal tradicionalmente associada à cultura chinesa,⁵⁷ consiste na amarração do tecido com barbantes, formando áreas de resistência à penetração do corante. O registro visual do teste pode ser observado na Figura 10.

Além da amarração tradicional utilizada na técnica *tie-dye*, existem diversas variações que resultam em diferentes padrões e efeitos visuais. Entre elas, destacam-se: colagem única, ligação cruzada, rosa dupla, encadernação de linha, marmoreio e limite duplo.⁵⁸ Cada uma dessas abordagens permite a criação de composições únicas, ampliando as possibilidades estéticas do tingimento artesanal.

3.2. Aplicação da oficina

A oficina ocorreu em 3 encontros estruturados como: 1) aplicação da aula teórica; 2) extração dos corantes naturais; e 3) aplicação dos corantes extraídos no tingimento *tie-dye*.

3.2.1. Aplicação da aula teórica (Primeiro Encontro)

No primeiro encontro com os alunos de cada turma, foi realizada uma aula convencional expositiva, utilizando os *slides* que se encontram disponíveis na referência 32. No CEJV, a aula teórica foi apresentada em dois ambientes distintos: para os alunos do primeiro ano do Curso Normal (CN), a atividade ocorreu na sala de vídeo; já para os alunos do segundo ano do mesmo curso, a apresentação foi realizada na sala *maker*, um espaço tecnológico voltado para práticas pedagógicas. Em ambas as turmas, os *slides* foram exibidos com o auxílio de uma televisão (Figura 11).

No CEI, para ambas as turmas, a aula foi apresentada em sala de aula tradicional com auxílio de um *data show* como mostra a Figura 12.

Os conceitos de pH e separação de misturas foram apresentados aos alunos do primeiro ano do CN e do CEJV, e revisados com os estudantes do primeiro ano no CEI. Já os conceitos de funções orgânicas e interações intermoleculares, abordados com os alunos do segundo ano no CEI, foram revisados com os estudantes do segundo ano do CN e do CEJV.

Os alunos do CEJV foram bastante participativos, pois a realização de uma aula em sala de vídeo e *maker* foi um diferencial em suas rotinas escolares. Os alunos do CEI foram participativos, porém não houve mudança em suas rotinas escolares, uma vez que os *slides* foram apresentados na mesma sala de aula em que estudam normalmente.

Vale ressaltar que os alunos, de ambas as escolas, ficaram muito empolgados com a forma contextualizada que o conteúdo foi apresentado, e principalmente devido à expectativa de realizar os experimentos para extração de corantes. No entanto, foi possível perceber maior entusiasmo entre os alunos da escola pública, o que pode ser explicado pelo fato da menor frequência de aulas práticas e contextualizadas em sua rotina escolar. Logo, até mesmo pequenas mudanças na dinâmica das aulas são vistas como experiências motivadoras.



Figura 10. Ilustração das bisnagas contendo os corantes extraídos e do passo a passo de aplicação da técnica *tie-dye*. Ao lado, apresenta-se a blusa com o resultado do tingimento (desenho convencional: espiral)



Figura 11. Ministração da aula teórica do primeiro encontro, no CEJV: (A) sala de vídeo, com a turma do primeiro ano do CN e (B) sala maker com turma do segundo ano do CN, respectivamente



Figura 12. Ministração da aula teórica do primeiro encontro, no CEI: turmas de (A) primeiro e (B) segundo anos do Ensino Médio, em salas de aula tradicionais

Mesmo que nesse primeiro encontro tenha sido adotado um método tradicional, acredita-se que a apresentação do conteúdo teórico, estruturada a partir de uma problematização inicial, foi bem-sucedida. Isso se refletiu no interesse dos alunos, evidenciado por sua participação ativa e pelas perguntas feitas ao longo da exposição dos *slides*, demonstrando envolvimento e curiosidade diante do tema exposto. Para Delizoicov, após a “abordagem sistemática”, os alunos estariam em condições de elevar seu senso crítico, podendo fazer indagações, questionamentos e reflexões.¹⁹

Pode-se considerar que este trabalho segue os passos metodológicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco,¹⁴ que estruturam o processo de ensino em três momentos pedagógicos. O primeiro momento, voltado para a problematização inicial, é essencial para despertar o interesse dos alunos. O segundo momento tem como foco a compreensão dos fundamentos teóricos que sustentam o conteúdo apresentado. Por fim, o terceiro momento consiste na aplicação do conhecimento, permitindo aos estudantes relacionar teoria e prática por meio de atividades experimentais e contextualizadas.

Nesta oficina, buscou-se justamente fazer uma abordagem sistemática em primeiro lugar, porém buscando despertar o interesse dos discentes com ilustrações do cotidiano e

preparando-os para a parte prática. Sem um embasamento teórico prévio, a parte prática poderia tornar-se uma mera reprodução de um procedimento experimental. Durante o experimento, foi possível conectar os conhecimentos que adquiriram com a aula, culminando com uma aplicação simples e direta de um produto (os corantes) obtido por eles mesmos para tingimento de tecido.

Além disso, Delizoicov teoriza que o professor deve preparar previamente suas aulas, pois, ao chegar em sala de aula, precisaria apresentar problemas que permitam aos alunos manifestarem seus conhecimentos prévios,¹⁹ assim como foi feito neste trabalho, com a preparação previa dos *slides*, pela docente, para apresentação inicial dos conteúdos.

No final do primeiro encontro, após a apresentação dos *slides*, foi explicado aos alunos como seriam as próximas etapas, e com isso os alunos foram divididos em 8 grupos, conforme descrito na metodologia, para os quais foram entregues as instruções (*Bilhete 1*) para o segundo encontro. Cada grupo recebeu um bilhete impresso com instruções detalhadas, que incluía a responsabilidade de ler atentamente o conteúdo e trazer os materiais necessários para a prática de extração, especificamente uma garrafa PET e um rolo de papel laminado, utilizados para armazenar os corantes

naturais extraídos. Um exemplo do *Bilhete 1*, disponível para impressão, pode ser consultado na Referência 32.

3.2.2. Experimentação da extração de corantes naturais (Segundo Encontro)

Com auxílio de um procedimento experimental disponibilizado pela docente, e acessível para impressão na referência 32, a extração dos corantes foi realizada pelos próprios alunos, previamente organizados em grupos. Cada grupo ficou responsável pela extração de corantes a partir de uma fonte distinta. As matérias-primas utilizadas na prática foram trazidas pelos próprios discentes, o que contribuiu para o envolvimento ativo e colaborativo na atividade experimental.

As Figuras 13 e 14 mostram o desenvolvimento da extração com as turmas do CEJV e CEI, respectivamente. Os grupos ficaram livres para atuarem na extração dos corantes, e puderam realizar todo o experimento.

Antes de iniciar a prática, a docente forneceu orientações iniciais sobre segurança de laboratório para os discentes de todas as séries nas duas escolas. Essas orientações incluíam o uso obrigatório de equipamentos de proteção individual, como jaleco de algodão, óculos de proteção e calçado fechado, além de calça comprida. Além disso, foram enfatizadas as práticas de higiene e segurança, como

não levar a mão à boca ou aos olhos, não comer nem beber no laboratório e lavar as mãos com água e sabão ao sair do laboratório. Considerando que a extração dos corantes não apresentava riscos significativos, os experimentos foram realizados sem o uso de luvas. Antes de iniciar os experimentos, os discentes também foram apresentados às vidrarias e materiais que seriam utilizados.

Após a orientação inicial, os discentes começaram a prática, que transcorreu de forma satisfatória. Os procedimentos entregues foram claros e objetivos, permitindo que todos os alunos realizassem corretamente as etapas e apresentassem apenas algumas dúvidas pontuais. Embora os alunos do primeiro ano tenham demonstrado uma maior dependência, o que é compreensível devido à sua menor experiência escolar, isso não afetou negativamente o andamento da prática.

Cada grupo conseguiu extrair a quantidade desejada de corante, conforme descrito na Tabela 2. No entanto, a quantidade extraída não teria sido suficiente para tingir todas as peças de tecido, caso todos os alunos as tivessem trazido. Felizmente, alguns alunos trouxeram meias e outros não trouxeram nenhuma peça de roupa, o que permitiu que todas as peças fossem tingidas. Como medida de precaução, a docente havia realizado extrações prévias de cada matéria-prima e as reservado para o dia do experimento.



Figura 13. Alunos do primeiro e segundo ano do CN, realizando a prática de extração, mediada pela docente



Figura 14. Alunos do CEI, primeiro e segundo ano, respectivamente, realizando a prática de extração, mediada pela docente

Em cada experimento de extração existe um tempo de espera, em torno de 40 minutos a 1 hora, tempo em que foi estabelecido um diálogo docente-discentes, com realização de perguntas direcionadas para uma maior interação dialógica. A ideia foi estimular a fala dos discentes, buscando reflexão das etapas do procedimento experimental e a respeito da química envolvida. Não era objetivo que eles fossem apenas reprodutores do procedimento, como uma receita, mas sim que fossem capazes de entender cada uma das ações. Seguem as perguntas que foram realizadas durante o debate:³²

- a) Por que na maioria dos experimentos utilizou-se água como solvente de extração, e, em outros, empregou-se álcool?
- b) Quais foram as substâncias extraídas em cada experimento? Fale sobre as funções orgânicas presentes em cada substância.
- c) Por que foi necessário filtrar após o aquecimento?
- d) Qual é a importância das plantas, verduras e legumes usados nas práticas em termos econômicos, sociais e para a alimentação?
- e) Quais os processos de separação de misturas foram empregados nos procedimentos?
- f) Como poderia se utilizar os corantes naturais como indicadores de pH?
- g) Como relacionam-se os corantes naturais com a sustentabilidade? Qual a vantagem e desvantagem de seu uso?
- h) Quais as cores primárias e secundárias poderiam ser obtidas com a extração dos corantes naturais?

O debate ocorreu com uma boa participação dos alunos. Assim como Delizoicov, Angotti e Pernambuco defendem,¹⁴ após os conhecimentos prévios adquiridos pelos alunos com a aula teórica e com a etapa de experimentação, eles foram capazes de responder as questões da roda de conversa, especialmente sobre a separação de misturas, e sobre as cores primárias. Observou-se também que alguns alunos consideravam a sustentabilidade algo distante do seu cotidiano, fora do seu alcance, não entendiam que qualquer atitude social que leva à preservação do planeta é uma forma de ser sustentável. Certamente, a vivência prática ajudou a sedimentar estes conhecimentos.

Por outro lado, a ansiedade dos alunos em observar o resultado da coloração do extrato prejudicou um pouco a conclusão da discussão. Talvez fosse mais eficaz realizar o debate após o experimento, permitindo que os alunos se concentrassem mais na discussão. No entanto, essa etapa foi fundamental, pois permitiu que os alunos estabelecessem conexões entre os conceitos aprendidos em sala de aula e a experimentação prática, demonstrando uma compreensão mais profunda dos conceitos.

A roda de conversa fundamenta-se na perspectiva dialógica, entendida como uma característica essencial da natureza humana e, ao mesmo tempo, como uma escolha pedagógica alinhada a princípios democráticos, conforme discutido por Freire (2012).⁵⁹ Essa abordagem permite questionar o modelo tradicional de ensino, frequentemente denominado como “modelo bancário”, e valorizar as contribuições da Educação Popular e da Etnociência. Nesse contexto, o ensino de Química é concebido como um processo dialógico e problematizador, favorecendo a construção coletiva do conhecimento.⁶⁰

Nesta oficina, buscou-se o protagonismo dos alunos através da roda de conversa, da experimentação e da aplicação dos corantes no tingimento, o que causou grande expectativa e interesse em cada encontro. A extração dos corantes, em ambas as escolas, foi realizada em um laboratório. É de fato um privilégio ter esses laboratórios, tanto na escola estadual quanto na privada, porém essa não é a realidade de muitos professores no nosso país, pois a maioria das escolas do RJ, e Brasil como um todo, não tem laboratório de ciências.⁶¹ Para as escolas sem esse recurso, sugere-se como alternativa, realizar esta prática em uma cozinha, usando o fogão para aquecer a mistura de material vegetal e água, ao invés da placa de aquecimento. Uma alternativa seria a utilização de aquecedores elétricos ou uma cafeteira de sifão. Pode-se ainda utilizar panelas (alumínio ou vidro temperado) ao invés do béquer como recipiente para realizar o aquecimento.

Ao término da prática de extração do corante, cada aluno recebeu as orientações para o terceiro encontro (*Bilhete 2*). Nesse documento, solicitava-se que trouxessem peças de roupa branca, confeccionadas em 100% algodão, para o tingimento. Também foram fornecidas instruções para a etapa de purga, permitindo que essa preparação fosse realizada em casa, de modo que as peças chegassem prontas para o encontro seguinte. Um modelo do *Bilhete 2*, disponível para impressão, encontra-se na referência 32. O procedimento descrito é equivalente ao apresentado na seção 2.1.3, com a adaptação do uso de panelas em substituição ao béquer, considerando que o aquecimento seria feito em fogão doméstico.

3.2.3. Aplicação dos corantes para tingimento de tecidos com a técnica do Tie-Dye (Terceiro Encontro)

O tingimento de tecidos aconteceu no terceiro e último encontro, após a obtenção dos corantes e das diferentes tonalidades extraídas de matérias-primas naturais durante o segundo encontro. Essa etapa final também ocorreu no laboratório das escolas, uma vez que ainda era necessário o uso de aquecimento para a fixação do corante. Os diferentes corantes naturais extraídos foram acondicionados em bisnagas de plástico (Figura 15), disponibilizadas para a atividade. Os alunos tiveram a liberdade para escolher as cores de sua preferência, criando peças únicas e personalizadas.



Figura 15. Bisnagas com os extratos disponíveis ao discentes

Além das cores obtidas diretamente por extração, é possível criar uma ampla gama de cores adicionais por meio da mistura de corantes, considerando as cores primárias e secundárias. Isso permite uma integração enriquecedora entre Química e Artes.

Os discentes aplicaram a técnica *tie-dye* para tingir as blusas que cada um havia trazido, conforme solicitado pela professora. Além das blusas, também realizaram o tingimento de meias, inserindo diretamente o tecido nos corantes. Os resultados de alguns desses tingimentos são apresentados na Figura 16, evidenciando a criatividade e habilidade dos alunos.

Muitos trabalhos foram encontrados na literatura com o tema de corantes naturais, porém apresentando práticas de extração para finalidades diferentes da apresentada nesse artigo, que foi utilizar os corantes naturais para tingir tecidos com a técnica do *tie-dye*. Com isso, este trabalho traz uma alternativa diferenciada para aplicação dos corantes naturais, levantando questões como tingimento sustentável e artes, com matérias-primas do cotidiano.

Nas últimas décadas, a criatividade vem sendo considerada como um recurso valioso para fomentar ideias e possibilidades que podem beneficiar o indivíduo ou o coletivo. Nakano, Primi e Alves, 2022,⁶² afirmaram que a criatividade é um objetivo educacional primordial, pois se trata de uma habilidade do século XXI, que possibilita a comunicação, a colaboração e o pensamento crítico.

O emprego da técnica *tie-dye* incentivou a criatividade dos alunos, possibilitando experiências visuais interessantes e específicas, levando em conta os impulsos estéticos de cada um. O resultado da variedade de formas e cores contribuiu para tornar a prática proveitosa. O envolvimento dos estudantes foi evidente, demonstrando interesse pela utilização de corantes naturais em tecidos. Essa vivência reforçou a relevância do tema ao estabelecer conexões diretas com aspectos do cotidiano.

3.3. Verificação da aprendizagem

Na semana seguinte ao terceiro encontro, uma avaliação foi aplicada no formato de questionário, com 10 perguntas no total, sendo distribuídas em questões discursivas e objetivas sobre os assuntos discutidos durante a oficina (Figura S1 – Material Suplementar).

A Figura 17 mostra o desempenho das turmas do primeiro ano: as turmas do CN do CEJV (42 alunos) e a turma do IFQ do CEI (38 alunos). O percentual de acerto para cada turma foi de 51 e 68%, respectivamente. Os alunos, em geral, apresentaram dificuldades para responder as questões que abordam a Química Orgânica (questões 5, 6 e 8). Na questão 5, por exemplo, o número de acerto da

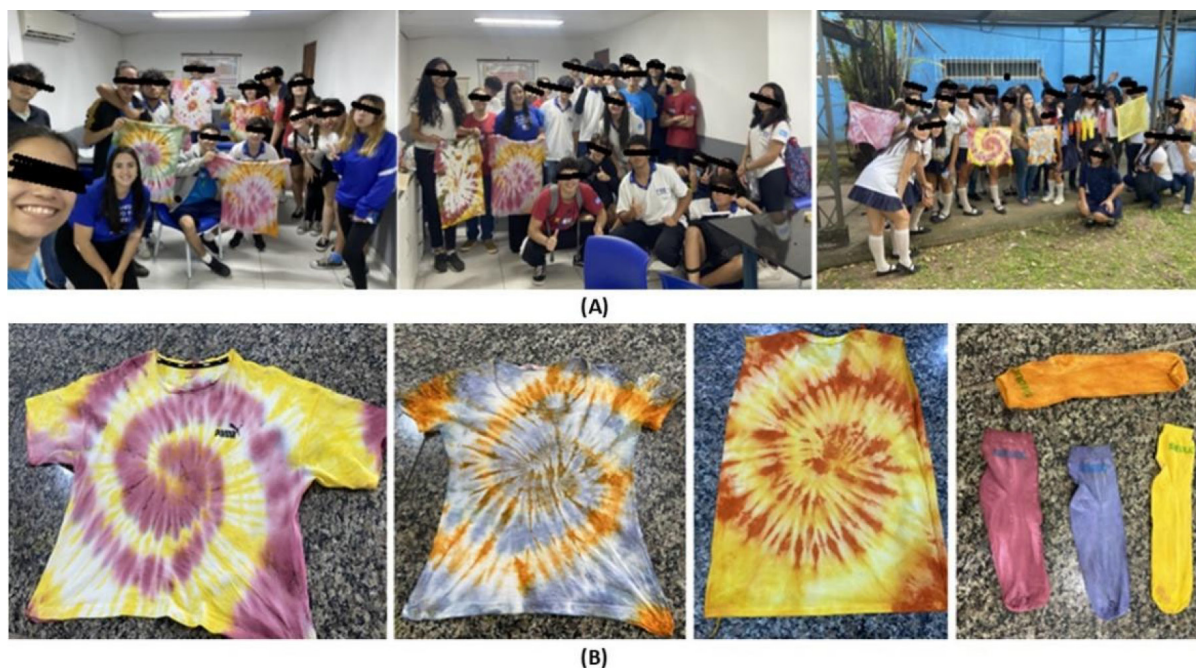


Figura 16. (A) Alunos do colégio CEI e do CEJV, após a realização do *tie-dye*; (B) Resultado do tingimento realizado pelos discentes

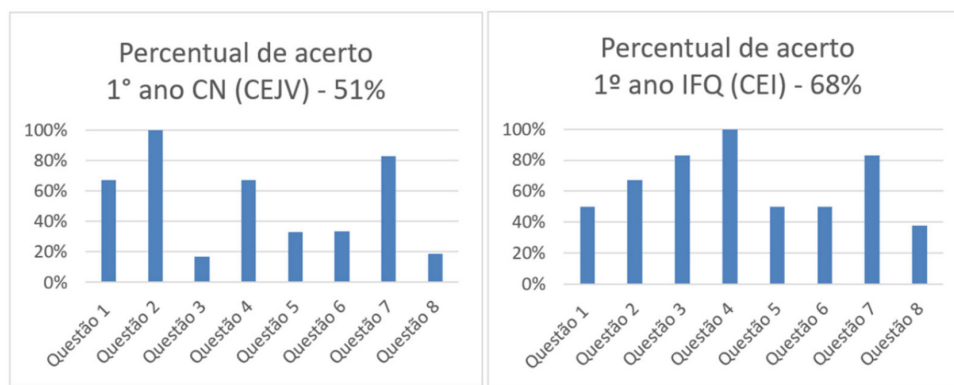


Figura 17. Gráfico de aproveitamento da turma do primeiro CN (CEJV) por questão; gráfico de aproveitamento da turma do primeiro ano IFQ (CEI) por questão

turma do primeiro ano do CN do CEJV ficou em torno de 30%, e um pouco melhor para o primeiro ano do CEI com 50% de acerto. Como o conteúdo de estruturas orgânicas, funções e interações intermoleculares são assuntos de maior complexidade e foram apresentados pela primeira vez no primeiro encontro, acreditou-se que o tempo de assimilação dos alunos para responder a essas questões tenha sido insuficiente, havendo uma maior necessidade de aprofundamento e exemplificações. A experimentação certamente é uma forma de ensino que traz bastante motivação para os alunos, porém entender a teoria por trás da prática requer maior dedicação e atenção por parte dos alunos.

Cerca de 20% e 80% dos alunos da turma do primeiro ano do CEJV e do CEI, (Figura 17) respectivamente, acertaram a questão 3. Como trata-se de uma questão que requer visualização de um experimento não realizado (embora mostrado na aula do primeiro encontro), não há como considerar, de fato, que houve um baixo ou alto aproveitamento neste caso. Entretanto, há uma reflexão sobre a questão do docente ter prendido a atenção dos alunos, a ponto deles responderem questões com informações previamente apresentadas em sala de aula. Essas questões não traduzem um “pensar quimicamente” a respeito do que foi visualizado na experimentação, mas apenas a reprodução

de uma informação previamente informada pela docente.

De maneira geral, para as duas turmas, nas demais questões, o resultado foi semelhante, com acertos acima de 50%. Este pode ser considerado um resultado positivo, e atribuído à execução da oficina, quando se compara as duas turmas de realidades escolares e sociais diferentes. Os alunos do CEJV, geralmente, apresentam maior dificuldade em relação aos conteúdos de química, física e matemática, por conta do acúmulo de deficiências anteriores, muitos desses alunos vêm da Rede Municipal de Ensino da cidade, que apresenta precariedade do ensino, vide o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) mais recente (2023), que aponta uma média de 4,8 nas cidades onde estão localizadas as escolas dos participantes. Muitos desses alunos, se quer, tiveram a disciplina Química no nono ano do Ensino Fundamental. Já para os alunos das escolas privadas, a Química foi apresentada desde o nono ano de forma separada, assim como Física, e não de forma agrupada em ciências.

A Figura 18 mostra o desempenho das turmas do segundo ano: as turmas do CN do CEJV (40 alunos) e a turma do IFQ do CEI (32 alunos). O percentual de acerto para cada turma foi de 66% e 87%, respectivamente. As únicas questões que a turma do segundo ano do CEJV teve dificuldade em desenvolver foram as questões 3 e 8, relacionadas ao pH

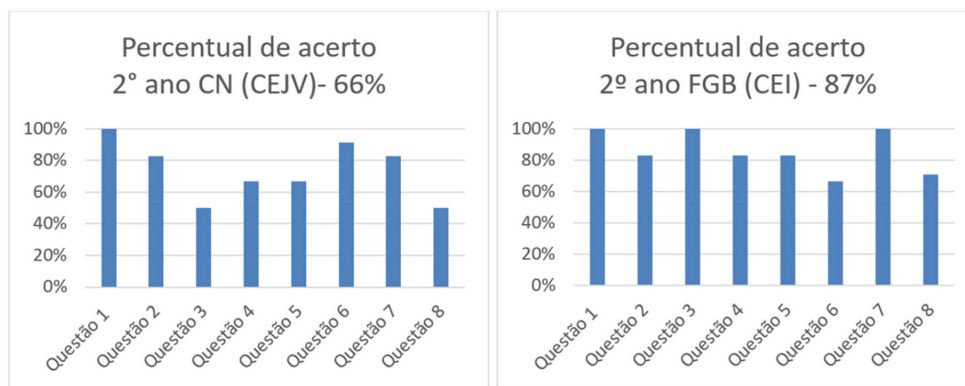


Figura 18. Gráfico de aproveitamento da turma do segundo CN (CEJV) por questão. Gráfico de aproveitamento da turma do segundo ano FGB (CEI) por questão

e à correlação dos nomes das moléculas orgânicas com as estruturas químicas das classes dos corantes naturais, onde o índice de acerto de ambas ficou em 50%. No caso da questão 3, acredita-se que o baixo aproveitamento ocorreu devido a falta do suporte de experimentação prática, enquanto que a questão 8 envolveu a análise de estruturas químicas mais complexas, e abordadas pela primeira vez na turma do ensino público. Nas demais questões, em geral, para as duas turmas de segundo ano, houve um aproveitamento satisfatório, acima de 60% de acerto. Embora essas turmas tenham apresentado um desempenho melhor em comparação com as turmas do primeiro ano, o que pode ser atribuído à maior experiência e maturidade desses alunos, não foram observadas diferenças significativas nos percentuais de acerto entre os alunos das escolas pública e privada.

As questões 9 e 10 foram discursivas, e serviram para avaliar, de forma qualitativa, a visão dos alunos a respeito da conscientização ambiental, importância dos corantes naturais, e quanto ao impacto da oficina em seu aprendizado. Algumas respostas fornecidas pelos alunos nessas questões foram selecionadas e apresentadas no Quadro 2, evidenciando a compreensão dos estudantes acerca da relação entre a prática realizada e os conteúdos de Química abordados. Não foi realizado um comparativo entre as respostas das diferentes turmas; optou-se, em vez disso, por uma análise geral da percepção dos discentes quanto à aprendizagem a partir do tema gerador.

Em geral, as respostas à questão 9, que explorou a relação entre sustentabilidade e corantes naturais, foram superficiais. Embora os discentes tenham reconhecido que os

corantes naturais são sustentáveis e uma boa alternativa para substituir os corantes artificiais, reduzindo assim o impacto negativo no meio ambiente, suas respostas careceram de discussões químicas mais aprofundadas. Eles demonstraram compreender a importância dos corantes naturais para o meio ambiente, mas não exploraram as implicações químicas dessa relação.

Já para a questão 10, que solicitou a opinião direta sobre a oficina, a maioria dos alunos respondeu que a oficina contribuiu para o seu aprendizado, tornando a Química mais interessante, divertida e possibilitando melhor compreensão. De acordo com as respostas, eles ficaram satisfeitos em realizarem todo o experimento, pois quando se tem aulas experimentais são geralmente apenas demonstrativas. Além disso, algumas respostas mais concisas (como as dos alunos 9 e 10) revelaram dificuldades ou falta de esforço por parte dos alunos em expressar suas opiniões de forma mais detalhada.

Acredita-se que os alunos conseguiram relacionar a Química com seu cotidiano, transcendendo a mera memorização de fórmulas químicas. Ademais, a execução da prática por eles mesmos, colocando “a mão na massa” como escreveu um dos alunos, certamente contribuiu para que se sentissem protagonistas do processo de aprendizagem, reforçando a importância do envolvimento ativo dos alunos nas aulas de Química.

Considerando a dificuldade natural que os discentes já encontram nos conteúdos referentes a Química e todos os transtornos já discutidos, como a falta de conhecimento básico, após a aplicação da oficina, a verificação da aprendizagem mostrou um resultado satisfatório, ou seja,

Quadro 2. Descrição das questões 9 e 10 e das respectivas respostas selecionadas dos alunos

Questão	Respostas dos Alunos*
9) Qual o seu olhar agora em relação à sustentabilidade e à Química? Como os corantes naturais podem contribuir para o meio ambiente?	<p>Aluno 1: Muito coerente, acho super válido a valorização da natureza. Eles contribuem de forma reciclável e sustentável.</p> <p>Aluno 2: A química com corante natural ajuda na sustentabilidade no sentido em que, ao ser retirada da natureza de forma orgânica, não causa danos (como os corantes industrializados causam na industrialização e descarte incorreto).</p> <p>Aluno 3: A química pode desempenhar um papel fundamental na busca por soluções sustentáveis, como corantes biodegradáveis, economia de água, reciclagem e uso eficiente.</p> <p>Aluno 4: Os corantes naturais duram mais, contribui em não serem tóxicos e nem agressivos ao meio ambiente.</p> <p>Aluno 5: Agora tenho um olhar mais amplo em relação à sustentabilidade e à química.</p>
10) Em poucas palavras, o que você mais gostou na oficina? Como a prática colaborou com o seu aprendizado em Química?	<p>Aluno 6: Foi uma experiência maravilhosa e única, todos nos aprendemos muitas coisas. E ainda ganhamos blusas/meias, lindas.</p> <p>Aluno 7: Amei a experiência de extrair corante dos alimentos orgânicos. Me ajudou a olhar a química com outros olhos.</p> <p>Aluno 8: Gostei de colocar a mão na massa e pintar as peças de roupa. Colocar química em algo do dia a dia chama a atenção do aluno. Colaborou para minha noção de solventes (água e álcool) nos corantes naturais.</p> <p>Aluno 9: Gostei muito das aulas e foi uma grande experiência.</p> <p>Aluno 10: Do desenho da pintura na camisa, ajudou a entender mais sobre os corantes naturais.</p>

*As respostas foram descritas exatamente como os alunos redigiram.

os alunos conseguiram assimilar os conteúdos químicos propostos. Entretanto, mesmo utilizando metodologias de ensino ativas, alguns assuntos de Química considerados mais abstratos, ainda foram de maior dificuldade de entendimento por parte dos discentes, refletindo em um menor número de acerto dessas questões.

Não há dúvidas de que a melhoria do ensino de Química e a redução das desigualdades entre as escolas públicas e privadas exigem uma abordagem multifacetada e não podem ser alcançadas por meio de uma única ação. No entanto, a proposta apresentada neste trabalho visa contribuir de forma significativa para o ensino de Química, demonstrando que a experimentação bem orientada e estruturada em conceitos químicos do cotidiano pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

4. Conclusão

A oficina “Colorindo a Química com os Corantes Naturais!” demonstrou ser uma estratégia pedagógica eficaz para promover o ensino de Química de forma contextualizada, interdisciplinar e significativa. Ao integrar teoria, experimentação e expressão artística, por meio da técnica *tie-dye*, a proposta permitiu aos alunos vivenciar conceitos químicos de maneira prática e envolvente, favorecendo a construção do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades como autonomia, criatividade e pensamento crítico.

Os resultados obtidos nas avaliações indicam que, apesar das dificuldades naturais associadas a conteúdos mais abstratos, os estudantes conseguiram estabelecer relações entre os temas abordados e seu cotidiano, evidenciando avanços na compreensão de tópicos como separação de misturas, pH, funções orgânicas e interações intermoleculares. A diferença de desempenho entre alunos de escolas públicas e privadas também reforça a importância de metodologias ativas como ferramentas para mitigar desigualdades educacionais.

Além disso, a abordagem dialógica e a valorização da experimentação contribuíram para o protagonismo estudantil, tornando os alunos agentes ativos do processo de aprendizagem. A oficina reafirma o potencial dos corantes naturais como recurso didático, não apenas pela riqueza química envolvida, mas também por seu apelo ambiental e estético, promovendo uma educação científica mais acessível e crítica.

Informações Suplementares

As informações suplementares desse artigo estão disponíveis gratuitamente em <https://rvq.sbq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5099-MS>.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES, Código de Financiamento 001), ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, às escolas e alunos que participaram da atividade proposta.

Referências Bibliográficas

1. Ferreira, P. G.; Lima, C. G. S.; Forezi, L. S. M.; Silva, F. C.; Ferreira, V. F.; Aqui tem Química. Parte II: A Química dos Corantes Naturais e Sintéticos nos Supermercados. *Revista Virtual de Química* **2022**, *14*, 267. [Crossref]
2. Yadav, S.; Tiwari, K. S.; Gupta, C.; Tiwari, M. K.; Khan, A.; Sonkar, S. P.; A brief review on natural dyes, pigments: Recent advances and future perspectives. *Natural Dyes and Sustainability* **2023**, *5*, 100733. [Crossref]
3. Pizzicato, B.; Pacifico, S.; Cayuela, D.; Mijas, G.; Moliner, M. R.; Advancements in Sustainable Natural Dyes for Textile Applications: A Review. *Molecules* **2023**, *28*, 5954. [Crossref]
4. Wartha, E. J.; Silva, E. L.; Bejarano, N. R. R.; Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola* **2013**, *35*, 84. [Link]
5. Chassot, A.; *Para que(m) é útil o ensino?*, 1a. ed., Canoas: Editora da Ulbra, 1995.
6. Dias, M. V.; Guimarães, P. I. C.; Merçon, F.; Corantes Naturais: Extração e Emprego como Indicadores de pH. *Química Nova Na Escola* **2003**, *17*, 27. [Link]
7. Benedetti Filho, E.; Cavagis, A. D. M.; Santos, K. O.; Benedetti, L. P. S.; Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química. *Química Nova Na Escola* **2021**, *43*, 167. [Crossref]
8. Sousa, N. J.; Peer instruction: uma metodologia que promove a participação ativa do aluno no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação* **2025**, *11*, 2497. [Crossref]
9. Santos, A. G.; Neto, A. R. P.; Fragoso, H. C.; Método das aulas dinâmicas: uma aplicação no ensino de química. *Revista Brasileira de Ciências Aplicadas* **2019**, *3*, 529. [Crossref]
10. Paiva, M. R. F.; Parente, J. R. F.; Brandão, I. R.; Queiroz, A. H. B.; Metodologias ativas de ensino aprendizagem: revisão integrativa. *SANARE – Revista de Políticas Públicas* **2016**, *15*, 145. [Link]
11. Maldaner, O. A.; A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. *Química Nova* **1999**, *22*, 289. [Crossref]
12. Lima, J. O. G.; Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. *Revista Espaço Acadêmico* **2012**, *12*, 95. [Link]
13. Soares, M. H. F. B.; Silva, M. V. B.; Cavalheiro, E. T. G.; Aplicação de corantes naturais no ensino médio. *Eclética Química* **2001**, *26*, 225. [Crossref]

14. Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M.; *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*, 1a. ed., Cortez: São Paulo, 2002.
15. Winkler, M. E. G.; Souza, J. R. B.; Sá, M. B. Z.; A utilização de uma oficina de ensino no processo formativo de alunos de ensino médio e de licenciandos. *Química Nova na Escola* **2017**, *39*, 27. [[Crossref](#)]
16. Marcondes, M. E. R.; Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Em Extensão* **2008**, *7*, 67. [[Crossref](#)]
17. Marcondes, M. E. R.; Torralbo, D.; Lopes, E. S. L.; Souza, F. L.; Akahoshi, L. H.; Carmo, M. P.; Suart, R. C.; Martorano, S. A. A.; *Oficinas temáticas no ensino público: formação continuada de professores*, 1a. ed., FDE: São Paulo, 2007.
18. Spink, M. J.; Menegon, V. M.; Medrado, B.; Oficinas como estratégia de pesquisa: articulações teórico-metodológicas e aplicações ético-políticas. *Psicologia e Sociedade* **2014**, *26*, 32. [[Crossref](#)]
19. Urel, D. E.; Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. *Scientia Naturalis* **2022**, *4*, 49. [[Crossref](#)]
20. Ramos, L. A.; Lupetti, K. O.; Cavalheiro, E. T. G.; Fatibello-Filho, O.; Utilização do extrato bruto de frutos de *Solanum nigrum* L no ensino médio. *Eclética Química* **2000**, *25*, 225. [[Crossref](#)]
21. Alves, H.; Manhita, A.; Dias, C. B.; Ferreira, T.; Traditional dyeing educational approach. *Chemistry Education Research and Practice* **2014**, *15*, 610. [[Crossref](#)]
22. Blatti, J. L.; Colorful and Creative Chemistry: Making Simple Sustainable Paints with Natural Pigments and Binders. *Journal of Chemical Education* **2016**, *94*, 211. [[Crossref](#)]
23. Tallman, K. A.; Introducing Students to Fundamental Chemistry Concepts and Basic Research through a Chemistry of Fashion Course for Nonscience Majors. *Journal of Chemical Education* **2019**, *96*, 1906. [[Crossref](#)]
24. Kajiya, D.; Demonstrating Purple Color Development to Students by Showing the Highly Visual Effects of Aluminum Ions and pH on Aqueous Anthocyanin Solutions. *Journal of Chemical Education* **2020**, *97*, 4084. [[Crossref](#)]
25. Ferreira, W. M.; Rocha, L. B.; Santos, L. D.; Santos, B. L. S. R.; Pitanga, A. F.; Corantes: Uma abordagem com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. *Química Nova na Escola* **2018**, *40*, 249. [[Crossref](#)]
26. Blinder, R.; Lammler, C.; Reversed Phase High Performance Thin Layer Chromatography of Aqueous Samples in Student Laboratories Using the Example of Anthocyanin Patterns from Flower Petals. *Journal of Chemical Education* **2019**, *96*, 1922. [[Crossref](#)]
27. Barboza, D. A. P.; Merlo, A. A.; Pazinato, M. S.; Guiding Plan 'Chromophore Groups and their Relationship with Color. *Revista Virtual de Química* **2021**, *13*, 650. [[Crossref](#)]
28. Sonai, G. G.; Melo Jr., M. A.; Nunes, J. H. B.; Megiatto Jr., J. D.; Nogueira, A. F.; Células solares sensibilizadas por corantes naturais: um experimento introdutório sobre energia renovável para alunos de graduação. *Química Nova* **2015**, *38*, 1357. [[Crossref](#)]
29. Restrepo, C. V.; Benavides, E.; Zambrano, J. C.; Moncayo, V.; Castro, E.; Hand made solar cells from chlorophyll for teaching in high school energy education. *International Journal of Ambient Energy* **2022**, *43*, 1654. [[Crossref](#)]
30. Magalhães, L. F.; Alves, R. B.; Cunha, L. R. C.; Rocha, L. A.; Schiavon, M. A.; Elaboração de um método lúdico para o ensino de química: Um jogo baseado em células solares sensibilizadas por corante. *Química Nova* **2023**, *46*, 1015. [[Crossref](#)]
31. Geuer, L.; Strieth, D.; Erdmann, N.; Lorenz, M.; Albrecht, H.; Schanne, T.; Cwienczek, M.; Gelb, D.; Ulber, R.; Colorful Diversity Modified Methods for Extraction and Quantification of Photopigments and Phycobiliproteins Isolated from Phototrophic Micro- and Macroalgae. *Journal of Chemical Education* **2023**, *100*, 852. [[Crossref](#)]
32. Bento, M. F. C.; Fernandes, D. R.; Marra, R. K. F.; Silva, B. V.; *Explorando as cores da terra: Proposta de oficina para uso de corantes naturais como facilitador do ensino de Química*, 1a. ed., EditSBQ: São Paulo, **2026**. [[Link](#)]
33. Liga, S.; Paul, C.; Péter, F.; Flavonoids: Overview of Biosynthesis, Biological Activity, and Current Extraction Techniques. *Plants* **2023**, *12*, 2732. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Lelli, D.; Sahebkar, A.; Johnston, T. P.; Pedone, C.; Curcumin use in pulmonary diseases: State of the art and future perspectives. *Pharmacological Research* **2017**, *115*, 133. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Paiva, D. L.; Lampman, G. M.; Kriz, G. S.; Introduction to Spectroscopy, 3a. ed., Thomson Learning: Toronto, 2000.
36. Martins, G. B. C.; Sucupira, R. R.; Suarez, P. A. Z.; A Química e as Cores. *Revista Virtual de Química* **2015**, *7*, 1508. [[Crossref](#)]
37. Choo, W. S.; Em *Bioactive Molecules in Food*; Mérillon, J. M., Ramawat, K. G., eds.; Springer Nature: New York, 2019, ch. 49. [[Crossref](#)]
38. Calva-Estrada, S. J.; Jiménez-Fernández, M.; Lugo-Cervantes, E.; Betalains and their applications in food: The current state of processing, stability and future opportunities in the industry. *Food Chemistry: Molecular Sciences* **2022**, *4*, 100089. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
39. Martins, C. S.; Lopes, W. A.; Bittencourt, J. A.; Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova* **2013**, *36*, 1248. [[Crossref](#)]
40. Black, S.; Muller, F.; On the Effect of Temperature on Aqueous Solubility of Organic Solids. *Organic Process Research and Development* **2010**, *14*, 661. [[Crossref](#)]
41. Vanuchi, V. C. F.; Braibante, M. E. F.; 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* **2021**, *7*, 54. [[Link](#)]
42. Ciuca, M. D.; Racovita, R. C.; Curcumin: Overview of Extraction Methods, Health Benefits, and Encapsulation and Delivery Using Microemulsions and Nanoemulsions. *International Journal of Molecular Sciences* **2023**, *24*, 8874. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

43. Jiang, T.; Ghosh, R.; Charcosset, C.; Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials. *Trends in Food Science and Technology* **2021**, *112*, 419. [Crossref]
44. Egüés, I.; Hernandez-Ramos, F.; Rivilla, I.; Labidi, J.; Optimization of Ultrasound Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Apple Pomace. *Molecules* **2021**, *26*, 3783. [Crossref] [PubMed]
45. Cavalluzzi, M. M.; Lamonaca, A.; Rotondo, N. P.; Miniero, D. V.; Muraglia, M.; Gabriele P.; Corbo, F.; De Palma, A.; Budriesi, R.; Angelis, E., Monaci, L.; Lentini, G.; Microwave-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Lentil Wastes: Antioxidant Activity Evaluation and Metabolomic Characterization. *Molecules* **2022**, *27*, 7471. [Crossref] [PubMed]
46. Lubek-Nguyen, A.; Ziemichód, W.; Olech, M.; Application of Enzyme-Assisted Extraction for the Recovery of Natural Bioactive Compounds for Nutraceutical and Pharmaceutical Applications. *Applied Sciences* **2022**, *12*, 3232. [Crossref]
47. Silva, R. P. F. F.; Rocha-Santos, T. A. P.; Duarte, A. C.; Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. *Trends Analytical Chemistry* **2016**, *76*, 40. [Crossref]
48. Perez-Vazquez, A.; Carpena, M.; Barciela, P.; Cassani, L.; Simal-Gandara, J.; Prieto, M. A.; Pressurized Liquid Extraction for the Recovery of Bioactive Compounds from Seaweeds for Food Industry Application: A Review. *Antioxidants* **2023**, *12*, 612. [Crossref] [PubMed]
49. Ribeiro, I.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Federal de Uberlândia, **2019**. [Link]
50. Alcântara, M. R.; Daltin, D.; A Química do processamento têxtil. *Química Nova* **1996**, *19*, 320. [Link]
51. Marquet, M.; *Guide des teintures naturelles*, 1a. ed., Belin Editora: Paris, 2022.
52. Mozaffari, E.; Maleki, B.; Alum Mineral and the Importance for Textile Dyeing. *Current Trends in Fashion Technology and Textile Engineering* **2018**, *3*, 555619. [Crossref]
53. Dutta, P.; Mahjebin, S.; Sufian, M. A.; Rabbi, M. R.; Chowdhury, S.; Imran, I. H.; Impacts of natural and synthetic mordants on cotton knit fabric dyed with natural dye from onion skin in perspective of eco-friendly textile process. *Materials Today: Proceedings* **2021**, *47*, 2633. [Crossref]
54. Bukhari, M. N.; Islam, S.; Shabbir, M.; Rather, L. J.; Shahid, M.; Singh, U.; Ali Khan, M.; Mohammad, F.; Dyeing studies and fastness properties of brown naphtoquinone colorant extracted from *Juglans regia* L on natural protein fiber using different metal salt mordants. *Textiles and Clothing Sustainability* **2017**, *3*, 1. [Crossref]
55. Chungkrag, L.; Bhuyan, S.; Phukan, A. R.; Natural Dyes: Extraction and Applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* **2021**, *10*, 1669. [Crossref]
56. Senthum, C.; Rattanaphani, V.; Rattanaphani, S.; UV-VIS spectroscopic study of natural dyes with alum as a mordant. *Suranaree Journal of Science and Technology* **2007**, *14*, 91. [Link]
57. Fengfan, J.; Yue, H.; Traditional Tie-dye Handicraft and Modern Design Concept Combined. *Journal of Arts and Humanities* **2017**, *6*, 12. [Link]
58. Rhoan; The Ultimate Comparison: All Tie-Dye Techniques Explained. Disponível em: <<https://knowingfabric.com/the-ultimate-comparison-all-tie-dye-techniques-explained/>>. Acesso em: 4 dezembro 2025.
59. Freire, P.; *À sombra desta mangueira*, 16a. ed., Civilização Brasileira: Rio de Janeiro, 2012.
60. Quadros, A. L.; Silva, D. C.; Andrade, F. P.; Aleme, H. G.; Oliveira, S. R.; Silva, G. F.; Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. *Educar em Revista* **2011**, *40*, 159. [Crossref]
61. Beiral, H. J. V.; Oliveira, M. M.; E para os estudantes da educação de jovens e adultos? Tem laboratório de Ciências? *Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silva* **2022**, *11*, 22. [Crossref]
62. Nakano, T. C.; Primi, R.; Alves, R. J. R.; Habilidades do século XXI: relações entre criatividade e competências socioemocionais em estudantes brasileiros. *DOSSIÊ – Criatividade, emoção e educação* **2021**, *37*, e81544. [Crossref]