

Rendimento e balanço de massa na produção de pigmento natural a partir da beterraba (*Beta Vulgaris*): uma abordagem Sustentável para tintas naturais

Maria Luiza Nascimento Leal (IFPB, Campus Cabedelo); Liz July Hiluey Correia Galdino (IFPB, Campus Cabedelo); Cristine Helena Limeira Pimentel (IFPB, Campus Cabedelo); Sayonara Lira Porto (IFPB, Campus Cabedelo); Alexandra Rafaela da Silva Freire (IFPB, Campus Cabedelo); Wilson Gomes de Medeiros (IFPB, Campus Cabedelo).

E-mails: leal.luiza@academico.ifpb.edu.br, liz.correia@ifpb.edu.br, cristine.pimentel@ifpb.edu.br, sayonara.porto@ifpb.edu.br, alexandra.freire@ifpb.edu.br, wilson.medeiros@ifpb.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.06.01.05-8 Química dos Produtos Naturais

Palavras-chave: pigmentos vegetais; processos químicos; resíduos agroindustriais; eficiência de processo; otimização de recursos; economia circular

1. Introdução

A crescente preocupação com os impactos ambientais e à saúde humana tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis aos pigmentos sintéticos utilizados em alimentos, cosméticos e materiais artísticos (Álvaro, 2022). A betalaina, pigmento natural extraído da beterraba (*Beta vulgaris*), destaca-se por sua coloração vibrante e propriedades antioxidantes, sendo uma alternativa promissora para formulações de tintas ecológicas (Azevedo, 2009; Gonçalves, 2018).

No campo das artes visuais, produtos como tinta óleo, aquarela, guache, dentre outros, tradicionalmente utilizam pigmentos sintéticos cuja cadeia produtiva pode gerar resíduos tóxicos e contaminantes emergentes (ABRA, 2024). A substituição por pigmentos naturais representa uma inovação sustentável, alinhada aos princípios da química verde e da produção mais limpa (Damasceno *et al.*, 2011).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento da produção de pigmento natural a partir da beterraba, realizar o balanço de massa do processo e discutir suas implicações para a sustentabilidade e a gestão de resíduos sólidos, com vistas à aplicação na produção de tintas naturais.

2. Materiais e Métodos

Beterrabas *in natura* foram adquiridas em mercados locais de Campina Grande e Cabedelo (PB), higienizadas com solução clorada (100 ppm), enxaguadas em água corrente e imersas em água destilada. Após descascadas, foram pesadas (1.700 g) e trituradas no liquidificador doméstico com água destilada na proporção 1:10 (g/ml). O extrato foi filtrado em peneiras de diferentes malhas, sendo a última de 300 μ m (48 mesh).

O corante refinado foi aquecido a 70 °C e reagido com alúmen de potássio (3:100 g/ml) e carbonato de sódio (1,5:100 g/ml), formando um precipitado de hidróxido de alumínio (Al(OH)₃), responsável por adsorver as partículas de cor (Delgado-Vargas, Jiménez, Paredes-López, 2000). Após repouso de 24 horas, o sobrenadante foi descartado e o pigmento úmido foi lavado com água destilada, filtrado a vácuo e tratado com óleo essencial de cravo (Borba *et al.*, 2016). A secagem foi realizada em estufa com circulação de ar forçado a 45 °C por 22 horas. O pigmento seco foi macerado e peneirado 300 μ m (48 mesh).

O processo foi conduzido com base em um balanço de massa que contemplou as principais entradas e saídas ao longo das etapas de extração do corante e subsequente precipitação do pigmento. Inicialmente, o rendimento do corante (RA) foi determinado com base na massa de sólidos extraídos da beterraba. Em seguida, o rendimento do pigmento (RB) foi calculado a partir da massa do pigmento seco obtido após a etapa de precipitação. Ambos os rendimentos foram expressos em porcentagem, conforme descrito nas equações 1 e 2.

$$RA = \left(\frac{mC}{mB} \right) * 100\%$$

em que:

$$mB = mC + mR \quad (1)$$

$$mC = mEa - mA - mR$$

$$RB = \left(\frac{mPs}{mB} \right) * 100\% \quad (2)$$

onde:

RA - rendimento médio do corante (%);
RB - rendimento médio do pigmento (%);
mB - massa da beterraba (g);
mC - massa do corante (g);

mEa - massa do extrato aquoso (g);
mA - massa da água;
mR - massa do resíduo;
mPs - massa do pigmento seco (g).

3. Resultados e Discussão

A análise inicial dos dados revelou que a massa da beterraba sem casca utilizada no processo foi de 1.525 g, enquanto o resíduo sólido (bagaço) obtido após a extração correspondeu a 545 g. Com base nesses valores, estimou-se que a massa de sólidos extraídos, representando o corante, foi de 980 g, o que resultou em um rendimento de extração de 64,26%. Na etapa seguinte, a massa final do pigmento seco obtido foi de 106,97 g, correspondendo a um rendimento de 7,01% em relação à massa da beterraba sem casca.

Embora os resultados indiquem uma extração eficiente do corante, o balanço de massa parcial evidenciou perdas significativas na conversão para pigmento sólido. Essas perdas podem estar associadas à solubilidade dos sais formados durante a reação e à manipulação do sobrenadante. A ausência de dados sobre a massa do pigmento úmido e do sobrenadante limita a precisão do balanço completo, mas não compromete a análise qualitativa do processo.

Sob a perspectiva ambiental, o método adotado apresenta vantagens relevantes. A utilização de água como solvente, além de ser uma escolha segura e economicamente viável, está em consonância com os princípios da química verde, conforme argumentado por Delgado-Vargas, Jiménez, Paredes-López (2000). O uso de reagentes de baixa toxicidade, como o alúmen de potássio e o carbonato de sódio, reforça ainda mais o caráter sustentável do processo, como também discutido por Damasceno *et al* (2011) ao abordar a inovação com foco em ecoeficiência.

Outro aspecto importante refere-se à geração de resíduos sólidos. O bagaço remanescente, que representa cerca de 35,7% da massa da beterraba sem casca, é um subproduto de natureza orgânica e livre de contaminantes. Conforme sugerido por Balan (2017), esse material pode ser reaproveitado em compostagem ou como insumo para alimentação animal, o que está alinhado com os princípios da economia circular e da valorização de resíduos.

No contexto da aplicação prática, o pigmento obtido apresenta potencial para uso em tintas artísticas, configurando-se como uma alternativa viável e segura frente aos pigmentos sintéticos. Estes últimos, segundo Álvaro (2022), podem conter metais pesados e compostos orgânicos persistentes. A substituição por pigmentos naturais contribui para a redução da exposição humana a substâncias potencialmente tóxicas, especialmente em ambientes escolares e artísticos (ABRA, 2024). Além disso, a formulação artesanal do pigmento, fundamentada em saberes tradicionais e aprimorada com base científica, reforça a proposta de inovação social e tecnológica, conforme destacado por Cruz (2005), ao valorizar o aspecto cultural e educativo da produção de materiais artísticos sustentáveis.

Por fim, a eficiência de extração de betalainas observada neste estudo (RA = 64,26%) está de acordo com os valores relatados por Gonçalves (2018), que identifica a beterraba como uma das fontes mais promissoras desses pigmentos, com rendimento influenciado por fatores como técnica de extração, maturação da raiz e proporção solvente/matriz. O rendimento do pigmento seco (RB = 7,01%) também se mostra compatível com processos de precipitação de pigmentos naturais, nos quais perdas durante as etapas de separação e secagem são esperadas. Segundo Azevedo (2009), a estabilidade das betalainas é particularmente sensível a variações de pH, exposição à luz e temperatura, o que pode justificar parte das perdas observadas ao longo do processo.

4. Conclusão

O processo de extração de pigmento natural a partir da beterraba demonstrou rendimento satisfatório na etapa de extração do corante e viabilidade na produção de pigmento seco. A análise do balanço de massa evidencia a importância do controle das etapas de separação e secagem para maximizar o aproveitamento da matéria-prima. A proposta se alinha aos princípios da produção mais limpa e da gestão sustentável de resíduos, sendo uma alternativa promissora para a substituição de pigmentos sintéticos em materiais artísticos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal da Paraíba – Campus Cabedelo pelo apoio técnico e estrutural, e aos colegas do Laboratório de Química pela colaboração nas etapas experimentais.

Referências

- ABRA. Academia Brasileira de Artes. Pintura pastel: O que é, história e materiais mais usados. 2024. Disponível em: <https://abra.com.br/artigos/pintura-pastel-o-que-e-historia-e-materiais-mais-usados/>.
- ÁLVARO, J. Pigmentos e corantes sintéticos para alimentos, cosméticos e fármacos. **Revista Química e Derivados**. 2022. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/pigmentos-e-corantes-sinteticos-para-alimentos-cosmeticos-e-farmacos/#:~:text=Os%20pigmentos%20e%20corantes%20sint%C3%A9ticos,pigmentos%20inorg%C3%A2nicos%20ou%20pigmentos%20naturais.>
- AZEVEDO, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 2365–2376, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/11550/1/PA09018.pdf>.
- BALAN, D. de S. L. Corantes naturais de aplicação têxtil: avaliação preliminar da toxicidade de urucum *Bixa orellana* L. (*Malvales: Bixaceae*) e Hibisco *Hibiscus sabdariffa* L. (*Malvales: Malvaceae*). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 151-157, 2017. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v4n7/v04n07a15.pdf>.
- BORBA, E. S. de; VALE, G. F. do; BURKHARDT, I. N.; HARTIN, L. G.; QUANDT, M. A. S.; SILVA, A. M. **Extração e determinação da composição dos óleos essenciais de espécies de plantas medicinais**. Monografia. Instituto Federal Catarinense, campus Araquari. Araquari, 2016. Disponível em: <http://quimica.arauari.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/20/2018/12/TRABALHO-FINAL-EXTRAÇÃO-E-DETERMINAÇÃO-DA-COMPOSIÇÃOQUÍMICA-DOS-ÓLEOS-ESSENCIAIS-DE-ESPÉCIES-DE-PLANTAS-MEDICINAIS.pdf>.
- CRUZ, A. J. Os pigmentos naturais utilizados em pintura. Centro de Química e Bioquímica. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal. 2005. Disponível em: <http://ciarte.pt/artigos/pdf/200701.pdf>.
- DAMASCENO, S. M. B.; AQUINO, D. S. de; VASCONCELOS, P. H.; REIS, D. R. dos; BARCELOS, A. D. Sustentabilidade no foco da inovação. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, v. 7, n. 3, p. 120-134 2011.
- DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.; PAREDES-LÓPES, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains — characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 173-289, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/12467082_Natural_Pigments_Carotenoids_Anthocyanins_and_Betalains_-_Characteristics_Biosynthesis_Processing_and_Stability.
- GONÇALVES, B. S. G. **Pigmentos naturais de origem vegetal: betalainas**. 2018. 43 f. Dissertação de Mestrado (Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciência e Tecnologia. Universidade de Algarve. Disponível em: <https://sapiencia.ualg.pt/handle/10400.1/12370>.