


**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA EXTRAÇÃO DO CAROTENOIDE
NORBIXINA DE SEMENTES DE URUCUM (*Bixa orellana* L.) UTILIZANDO
SOLUÇÃO ALCALINA POR DUAS ROTAS DE EXTRAÇÃO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n1-166>

Data de submissão: 20/12/2024

Data de publicação: 20/01/2025

Janiel Costa da Silva

Doutorando em Ciência e Engenharia dos Materiais
Universidade Federal do Piauí/Campus Ministro Petrônio Portella
E-mail: janiel.silva@ufpi.edu.br
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-0876-9311>
Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/1851702131221035>

Leandro Josuel da Costa Santos

Doutorando em Ciências Farmacêuticas
Universidade Federal do Piauí/Campus Ministro Petrônio Portella
E-mail: leandrosantos.educ@gmail.com
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-2540>
Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/9893092460153384>

Sergio Marcelo Coelho Lustosa

Doutor em Biotecnologia
Universidade Estadual do Piauí/Campus Poeta Torquato Neto
E-mail: sergiomlustosa@gmail.com
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-9980-0531>
Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/7568480180816093>

Moisés das Virgens Santana

Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais
Universidade Federal do Piauí/Campus Ministro Petrônio Portella
E-mail: moisesdvs@ufpi.edu.br
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-1107-8455>
Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/6859017525733399>

Vicente Galber Freitas Viana

Doutor em Ciências (Física Aplicada)
Instituto Federal do Piauí/Campus Teresina central
E-mail: galber@ifpi.edu.br
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3863-6974>
Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/9207482089741014>

Durcilene Alves da Silva

Doutora em Química Inorgânica
Universidade Federal do Delta do Parnaíba/Campus Parnaíba
E-mail: durcileneas@gmail.com
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8698-7309>
Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/1626484708254412>

RESUMO

Os corantes a base de urucum vem sendo um dos mais utilizados no mundo e também com grande aplicação nas indústrias têxtil, de tintas, cosmética, farmacêutica e alimentícia. Dentre eles, o carotenoide norbixina que possui propriedades antioxidantes, antimicrobianas e antitumorais. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é extrair a norbixina das sementes de urucum por meio da extração alcalina considerando duas rotas de extração, pois, o desenvolvimento de um método de extração eficiente, ambientalmente seguro e economicamente viável tornou-se indispensável. As caracterizações realizadas foram Uv/vis, DRX, FTIR, TGA, DSC. A espectrofotometria no Uv/vis revelou que a rota de extração 2 (NBX_R2) extraiu a maior concentração de sólidos solúveis totais, porém, com menor cristalinidade devido à presença do amido como subproduto identificado pelo difratograma (DRX). A espectrofotometria no IV (FTIR) revelou as respectivas bandas de absorção e a curva de DSC mostrou maior absorção de energia para degradar a maior quantidade de resíduo presente no produto extraído e identificado no respectivo termograma.

Palavras-chave: Urucum. Norbixina. Extração Alcalina. Concentração. Cristalinidade.

1 INTRODUÇÃO

O urucum (*Bixa orellana L.*) é uma espécie nativa da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica conhecida pelo corante natural extraído de suas sementes (PINHEIRO *et al.*, 2020), devido à grandeza desses biomas, o Brasil tem se consolidado como o maior produtor de sementes e corantes a base de urucum (COLOSIMO *et al.*, 2022) sendo um dos corantes mais utilizados no mundo e aplicado nas indústrias têxtil, de tintas, cosmética, farmacêutica e alimentícia.

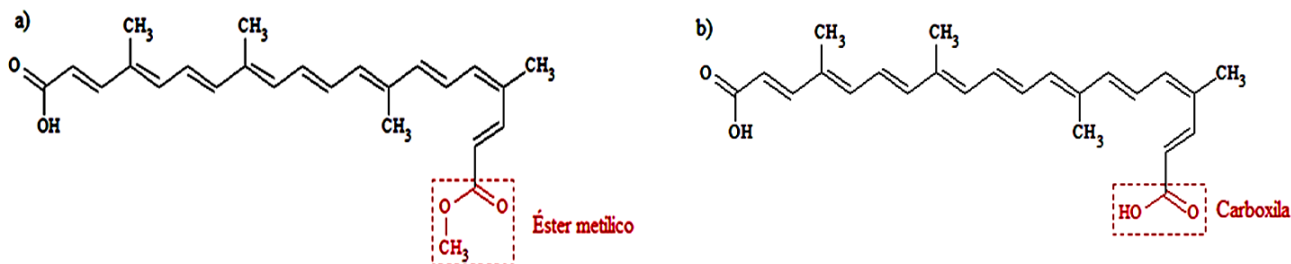
O extrato de urucum apresenta algumas características que são consideradas intrínsecas como abundância, estabilidade, além da possibilidade de obtenção de extratos hidrossolúveis ou lipossolúveis de uma mesma fonte dependendo do método de extração (CUNHA *et al.*, 2009). Com isso, o desenvolvimento de um método de extração eficiente, ambientalmente seguro e economicamente viável tornou-se indispensável (COLOSIMO *et al.*, 2022).

Devido à consciência criada sobre as questões ecológicas acerca do uso e de controle químico, surgem alternativas de controle de patógenos, como o uso de extratos vegetais tem sido indicado. É tendência atual na alimentação substituir corantes artificiais por corantes naturais devido às crescentes preocupações com a saúde corporal (LIU *et al.*, 2022). Vale ressaltar que a composição dos extratos vegetais de plantas medicinais possui propriedades fungitóxicas e por isso são menos prejudiciais ao homem e meio ambiente, além do custo benefício e disponibilidade aos produtores (VENTUROSOSO *et al.*, 2011).

Além disso, os consumidores vêm buscando cada vez mais por produtos de origem natural, pelo fato de já existir uma preocupação com a saúde, com isso, o desenvolvimento tecnológico de processamento deve acompanhar a evolução do mercado (HUSA *et al.*, 2018). Com relação aos métodos de extração com solventes orgânicos, eles são árduos e requerem solventes restritos em muitos países, neste caso, a extração direta de álcalis é estabelecida como um processo de extração alternativo. A solução alcalina hidrolisa ou saponifica ($-\text{COOCH}_3$) a bixina e gera sal de ácido dicarboxílico ou sal de norbixina (WITONO *et al.*, 2022)

Os carotenóides bixina e norbixina (Figura 1) são os principais pigmentos extraídos do pericarpo das sementes do urucum (*Bixa orellana L.*), a bixina indicada na Figura 1(a), representa 80% dos pigmentos carotenóides encontrados no urucum e é caracterizada quimicamente como cadeia isoprênica de 25 carbonos, contendo um ácido carboxílico e um éster metílico nas extremidades (KUSMITA *et al.*, 2022). Já, a norbixina indicada na Figura 1(b), é encontrada em menores quantidades (20%) e, por conta disso, é geralmente obtida a partir da saponificação da bixina, na forma de seu derivado desmetilado, ou seja, sua cadeia apresenta apenas 24 carbonos (SOUSA *et al.*, 2020).

Figura 1: Fórmula estrutural da Bixina (a) e da Norbixina (b).



Fonte: Autores, 2025.

Nesse processo, a intensidade da reação de saponificação da bixina depende, em grande parte, da concentração e do tipo da base utilizada e, em menor extensão, do tempo e da temperatura do processo. De modo geral, quanto mais concentrada a base, mais completa será a reação de saponificação. Por outro lado, quando temperaturas mais elevadas são utilizadas, percebe-se um aumento no rendimento da extração dos pigmentos, porém com pouco incremento na reação de hidrólise da bixina em norbixina. (STRINGHETA; SILVA, 2008).

A norbixina é um apocarotenoide de ocorrência natural e solúvel em água (ácido dicarboxílico) que possui propriedades antioxidantes, antimicrobianas e antitumorais, as quais podem influenciar e aperfeiçoar processos de cicatrização tecidual (MUTHUKUMAR *et al.*, 2014). Além disso, no contexto da medicina tradicional, alguns estudos demonstram amplas atividades farmacológicas como efeito nefroprotetor e efeito hipolipemiante (KUSMITA *et al.*, 2022).

Como a extração de carotenóides utilizando solução alcalina requer um solvente menos árduo e mais seguro do que a extração utilizando solventes orgânicos, este trabalho tem como objetivo extrair o carotenóide norbixina por meio da extração alcalina aquosa considerando duas rotas de extração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Foram adquiridas sementes de *Bixa orellana L.* no comércio local do município de Teresina – PI. Hidróxido de potássio (85% de pureza, Vetec, Brasil) foi empregado na saponificação da bixina em sal de norbixina. Ácido clorídrico (36% de pureza, Dinâmica, Brasil) foi usado para neutralizar o extrato e converter o sal de norbixina em norbixina.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Extração da norbixina pela rota 1 (nbx_r1)

O processo de extração ocorreu seguindo a metodologia proposta por Sousa *et al.*, (2020) com pequenas alterações. Inicialmente, 200 gramas de sementes foram lavadas, limpas e secas em estufa a

40 °C por 24 horas. Em seguida, as sementes foram adicionadas à solução de KOH a 4% (m/m) e colocadas sob aquecimento a 70 °C por 1 hora. Após o resfriamento da mistura, as sementes foram separadas e ao sobrenadante foram adicionados HCl a 12 mol x L⁻¹ até se formar um precipitado com mudança de cor. Por fim, o precipitado foi lavado até o pH igual a 4 e depois seco em estufa a 70 °C durante 24 horas.

2.2.2 Extração da norbixina pela rota 2 (nbx_r2)

A extração seguiu a metodologia proposta por Witono *et al.*, (2022) com pequenas adaptações. Separou-se 200 gramas de sementes lavadas com água destilada e colocadas em estufa a 50 °C por 12 horas para secagem. Em seguida, as sementes foram adicionadas a uma solução de KOH a 0,5 mols x L⁻¹ seguida de aquecimento a 70 °C por 5 horas com agitação constante. Nesta etapa, ocorre a formação do sal de norbixina (norbixinato de potássio), por fim, foi acrescentado uma solução de ácido clorídrico a 3 mol x L⁻¹ para neutralização e conversão do sal de norbixina em norbixina.

2.3 CARACTERIZAÇÃO

2.3.1 Rendimento do pó extraído

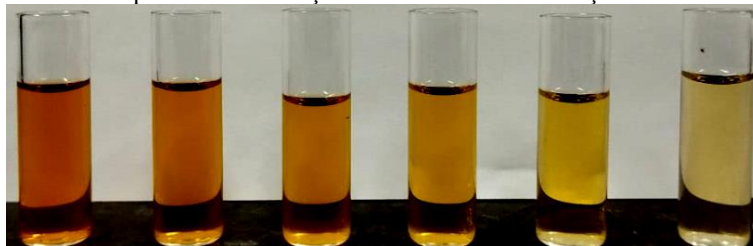
Para determinação do rendimento (Re), após a secagem do solvente na estufa, utilizou o procedimento realizado por Oliveira *et al.*, (2021) na qual se pesou a massa final do extrato sólido (m_e) e utilizando o valor da massa de sementes de urucum utilizado (m_{ss}), o rendimento total do extrato (Re), em porcentagem, foi determinado através da Equação 1:

$$Re = \frac{m_e}{m_{ss}} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2 Análise por espectrofotometria ultravioleta/visível (uv/vis)

Os espectros de absorção molecular foram realizados para determinar a presença dos picos característicos da norbixina juntamente com as curvas de calibração. A caracterização foi realizada em espectrômetro de duplo feixe da marca SHIMADZU, modelo UV-2401 PC. Foram preparadas soluções (Figura 2) de NBX_R1 e NBX_R2 com concentrações definidas usando solução de KOH a 0,5% (m/v) como solvente. As soluções diluídas preparadas foram colocadas em cubetas de quartzo e submetidas à análise espectral em uma faixa de varredura entre 200 a 600 nm.

Figura 2: Cubetas de quartzo com soluções de norbixina em solução de KOH a 0,5% (m/v)



Fonte: Autores, 2025.

2.3.3 Difração de raios x (drx)

Os pós de norbixina foram analisados em difratômetro de raios X da marca Panalytical, modelo Empyrean Série 2, equipado com tubo de cobalto com $\lambda = 1,78$ nm e monocromador secundário para Co, tensão de 40 kV e corrente de 45 mA. As amostras foram analisadas no intervalo de ângulos de difração 2θ variando de 5 a 90° e velocidade $2^\circ/\text{min}^{-1}$.

2.3.4 Infravermelho com transformada de fourier (ftir)

As análises foram realizadas em espectrômetro Fourier Transform Infrared Spectrophotometer Ir Affinity-1 da marca SHIMADZU com registro de número de ondas na faixa de 4000 a 400 cm^{-1} . Os espectros foram obtidos numa resolução de 16 cm^{-1} . As amostras foram preparadas em forma de pastilhas com brometo de potássio (KBr) e as bandas observadas no espectro foram caracterizadas de acordo com seus grupos funcionais.

2.3.5 Análise Termogravimétrica (tga)

A análise termogravimétrica (TGA) foi realizada em equipamento da marca Shimadzu, modelo TGA-51. As condições de análise foram: faixa de temperatura de teste de 25°C a 1000°C , taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, atmosfera de nitrogênio a $50\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e porta-amostra de Platina.

2.3.6 calorimetria Exploratória Diferencial (dsc)

A medição DSC foi realizada em equipamento da marca Shimadzu – Modelo DSC 60 Plus nas seguintes condições: faixa de temperatura de teste de 25°C a 600°C , taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, atmosfera de nitrogênio a $50\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e porta-amostra de Alumínio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO DOS PÓS EXTRAÍDOS

A partir das 200g de sementes de urucum utilizadas foram obtidos 18,36g e 19,27g, representando um rendimento de 9,2% e 9,6% (m/m) para NBX_R1 e NBX_R2, respectivamente. Extrações realizadas por Pimentel (1995) em solução de KOH obteve rendimento de 8,55% em massa. Entretanto, nas extrações realizadas por Silva; Bizerra; Fernandes, (2018) obtiveram rendimento de 4,53% com extrato etanólico. As diferenças observadas podem estar relacionadas com a concentração da solução de KOH utilizada e com o tempo de contato das sementes com a solução extratora. Além disso, Maniglia; Tapia-Blácido (2016) relataram que métodos alcalinos auxiliam na liberação, proporcionando maior rendimento da extração.

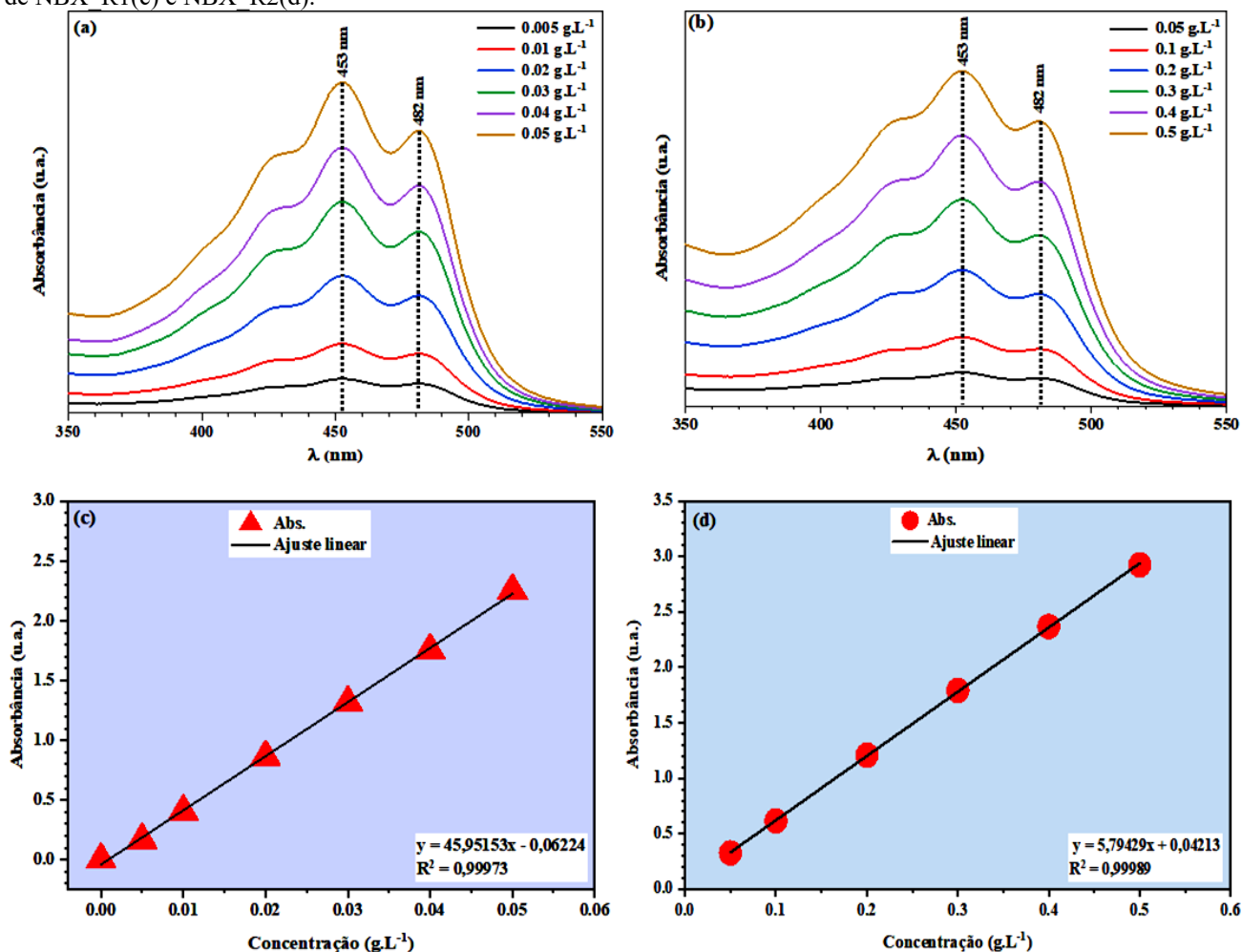
3.2 ESPECTROFOTOMETRIA ULTRAVIOLETA/VISÍVEL (UV-VIS)

A análise óptica das soluções das amostras de NBX_R1 e NBX_R2, Figuras 3a e 3b, revelaram dois picos de absorbância máxima em 453 nm e 482 nm, que segundo Witono *et al.*, (2022); Rahmalia *et al.*, (2018) e Silva *et al.*, (2018) estes picos são característicos do carotenóide norbixina contido no extrato de urucum. De acordo com Rahmalia; Crespo; Usman, (2021) esses picos estão relacionados ao fato da norbixina apresentar transição eletrônica mediada por elétrons excitados $\pi \rightarrow \pi^*$ na cadeia de ligação dupla conjugada da molécula, essa transição ocorre do nível vibracional mais baixo no estado fundamental para o nível vibracional mais baixo no estado excitado (HOMO \rightarrow LUMO).

A partir das curvas de calibração representadas nas Figuras 3c e 3d determinaram-se os coeficientes de absorvidade molar (ϵ_0) das amostras de NBX_R1 e NBX_R2 com pico de absorção máximo em 453 nm encontrando valor de ϵ_0 igual a $1,5 \times 10^4 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ e $2,3 \times 10^3 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$, respectivamente. Neste caso, considerando que as alíquotas foram preparadas em solução de KOH a 0,5% (m/v). De acordo com Calegari *et al.*, (2018) os carotenóides apresentam absorção de luz ($\epsilon \sim 10^5 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$) na faixa de 380 a 550 nm do espectro visível, no entanto, Carvalho *et al.*, (2020) determinaram o coeficiente de absorvidade molar (ϵ_0) do pigmento norbixina em $1,4 \times 10^4 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$, valor este que garante ao pigmento grande capacidades de captura de fótons.

A partir dos valores dos coeficientes de absorvidade molar ϵ_0 , determinaram-se as concentrações para amostras de NBX_R1 e NBX_R2 obtendo $1 \times 10^{-2} \text{ g.L}^{-1}$ e $9,8 \times 10^{-2} \text{ g.L}^{-1}$, respectivamente. OS valores de concentração obtidos revelaram um rendimento de 95% e 98%, em massa, de sólidos solúveis totais. Segundo estudos realizados por Filipini *et al.*, (2022) a eficiência da extração dos pigmentos das sementes de urucum quando o solvente extrator é a solução de KOH, obteve rendimento de, aproximadamente, 98%, em massa.

Figura 3: Espectros de absorção das soluções diluídas de NBX_R1(a) e NBX_R2 (b) e as curvas de calibração das soluções de NBX_R1(c) e NBX_R2(d).

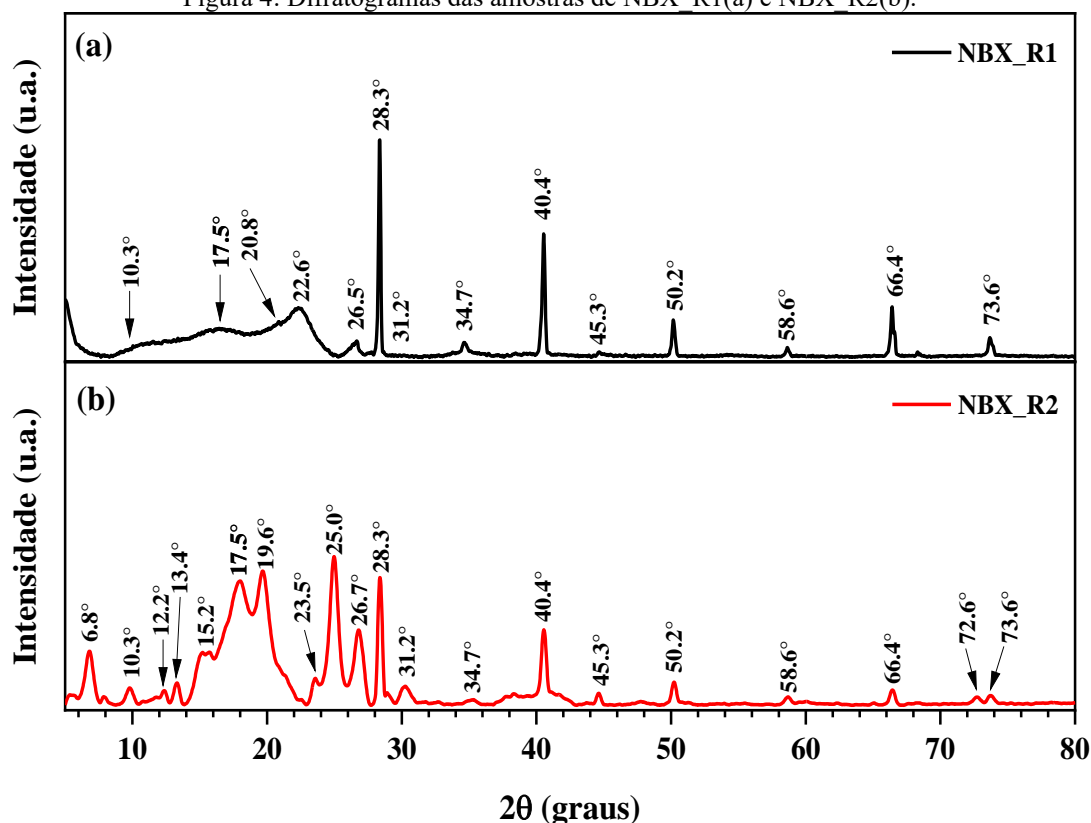


Fonte: Autores, 2025.

3.3 DIFRAÇÃO DE RAIO X (DRX)

Na Figura 4 são vistos os difratogramas das amostras de NBX_R1 e NBX_R2 onde foi possível identificar na amostra NBX_R1 a presença de picos estreitos em 28° e 40°, com máximo em 28° e picos estreitos de baixa intensidade em 45,3°; 50,2°; 58,6°; 66,4° e 73,6°. Na amostra NBX_R2 observaram-se os mesmos picos estreitos com intensidade menor, o que significa à existência de uma região amorfa mais acentuada, porém, ambas as amostras apresentaram relativa cristalinidade. Segundo estudos realizados por Matos (2017), a norbixina possui curvas típicas de material semicristalino apresentando picos relacionados às regiões cristalinas. Além disso, os picos presentes na região com valores 2θ de 5° a 26° indicam a presença de uma mistura de amido tipo A e tipo B, que segundo Maniglia; Tapia-Blácido (2018) os picos em 2θ igual a 5° e 12° são característicos do amido tipo A, já os picos 2θ iguais a 15°, 17°, 19° e 23° de acordo com Zabol *et al.*, (2019) são característicos do amido tipo B.

Figura 4: Difratogramas das amostras de NBX_R1(a) e NBX_R2(b).



Fonte: Autores, 2025.

A partir das informações contidas na Tabela 1, foi determinado o teor de cristalinidade relativa das amostras, o que indicou uma cristalinidade de 52% da NBX_R1 e 29% da NBX_R2. Essa diferença pode estar associada ao fato que na rota de extração 2 as sementes foram colocadas em solução extratora de menor concentração por um tempo maior de contato, extraíndo além da norbixina, alguns resíduos orgânicos, que de acordo com Silveira; Tapia-Blácido (2018) a utilização de métodos alcalinos isolam alguns resíduos, dentre eles, o amido, obtendo assim, um material de menor cristalinidade.

Tabela 1: Teor de cristalinidade das amostras de norbixina NBX_R1 e NBX_R2.

Amostras	Área total dos picos cristalinos	Área total de todos os picos (cristalino + amorfo)	Cristalinidade (%)
NBX_R1	13822.567	26771.50182	52.0
NBX_R2	17198.408	59465.42518	29.0

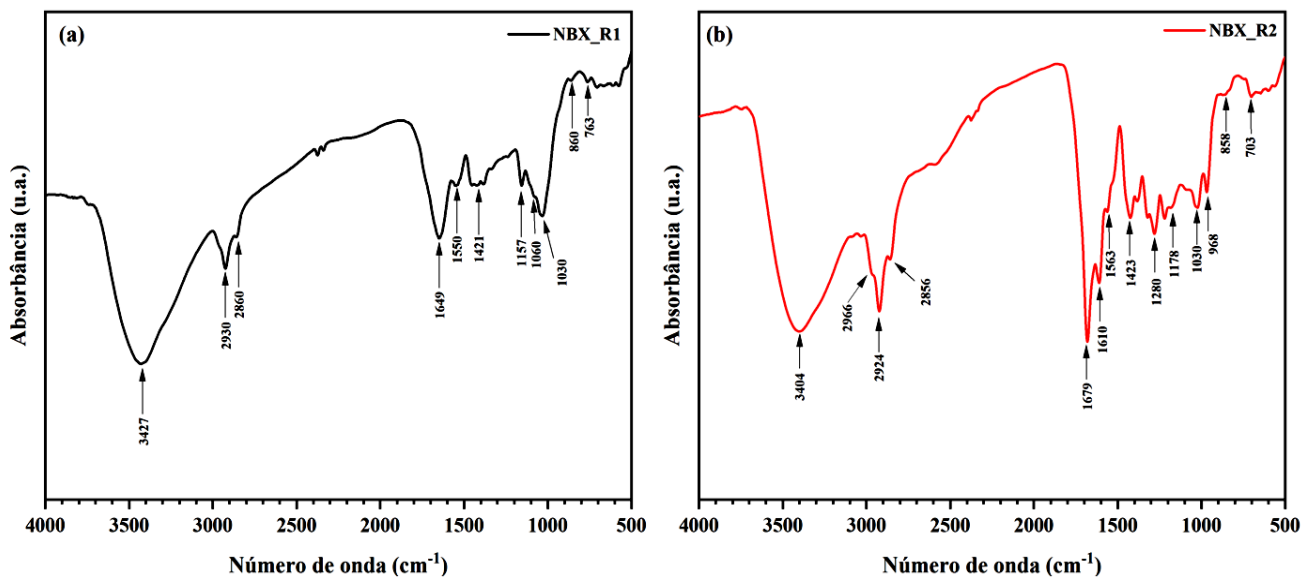
Fonte: Autores, 2025.

3.4 INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Na Figura 5(a) é possível observar que a norbixina NBX_R1 possui uma banda de absorção em 3427 cm^{-1} sendo atribuída ao trecho de ligação (OH) do grupo dímero terminais do ácido carboxílico (—COOH), que segundo Silva Junior *et al.*, (2021); Sousa *et al.*, (2020) essa banda ocorre entre 3747 e 3180 cm^{-1} , com absorção máxima em 3394 cm^{-1} . Com relação à banda localizada em 2930 cm^{-1} , Gutierrez e Alvarez, (2017) relataram que se trata de um alongamento da ligação do grupo CH_2 com um ombro em 2860 cm^{-1} atribuído a vibração de estiramento da ligação C–H assimétrica (DOS SANTOS *et al.*, 2021). Tem-se uma banda em 1649 cm^{-1} atribuído à vibração de estiramento C=O do grupo carboxílico, característica da norbixina (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2021; SOUSA *et al.*, 2020). As bandas localizadas na região entre 1000 e 880 cm^{-1} são atribuídas às ligações C=C (SOUSA *et al.*, 2020). A banda em 1550 cm^{-1} representa as carbonilas terminais encontrados na estrutura da norbixina (SOUSA *et al.*, 2020). A banda em 1421 cm^{-1} está relacionada às vibrações de dobramento C – H do tipo sp^3 (SOUSA *et al.*, 2020; GUTIERREZ; ALVAREZ, 2017). Também, foi observada uma banda em 1030 cm^{-1} que foi atribuída à flexão assimétrica de C—H. Segundo Dos Santos *et al.*, (2021) essa banda é comum em compostos carotenóides, especialmente em bixina e norbixina. Além disso, são observados duas bandas em 860 e 763 cm^{-1} que segundo Silva Júnior *et al.*, (2021) correspondem as curvas fora do plano, indicando uma trans precipitação natural, importante na obtenção de norbixina para a síntese de reações estereo reativas.

Ao comparar as bandas de absorção da NBX_R1 com as bandas da NBX_R2 na Figura 5(b), é verificado que houve um aumento na quantidade e intensidade das bandas de absorção na amostra de NBX_R2. Neste caso, as bandas referentes ao (-OH) sofreu deslocamento de 3427 cm^{-1} para 3404 cm^{-1} , 1550 cm^{-1} para 1563 cm^{-1} , 1060 cm^{-1} para 1030 cm^{-1} e 1157 cm^{-1} para 1178 cm^{-1} . Entretanto, a banda em 1157 cm^{-1} da NBX_R1 e a banda em 1178 cm^{-1} da NBX_R2 são atribuídas aos estiramentos da ligação C—O na qual Cruz *et al.*, (2022) relataram que as bandas na região entre 950 a 1200 cm^{-1} são bandas características do amido com destaque para a banda em torno de 1160 cm^{-1} . Neste caso, o aumento da quantidade das bandas e os respectivos deslocamentos observados estão relacionados ao fato das sementes utilizadas para extração da NBX_R2 ficaram por maior tempo em contato com a solução extratora de KOH. De acordo com Witono *et al.*, (2022) esse maior tempo provoca a extração não somente da norbixina, mas também, de outros subprodutos presentes nas sementes.

Figura 5: Espectros de absorvância no IV da NBX_R1(a) e NBX_R2(b).

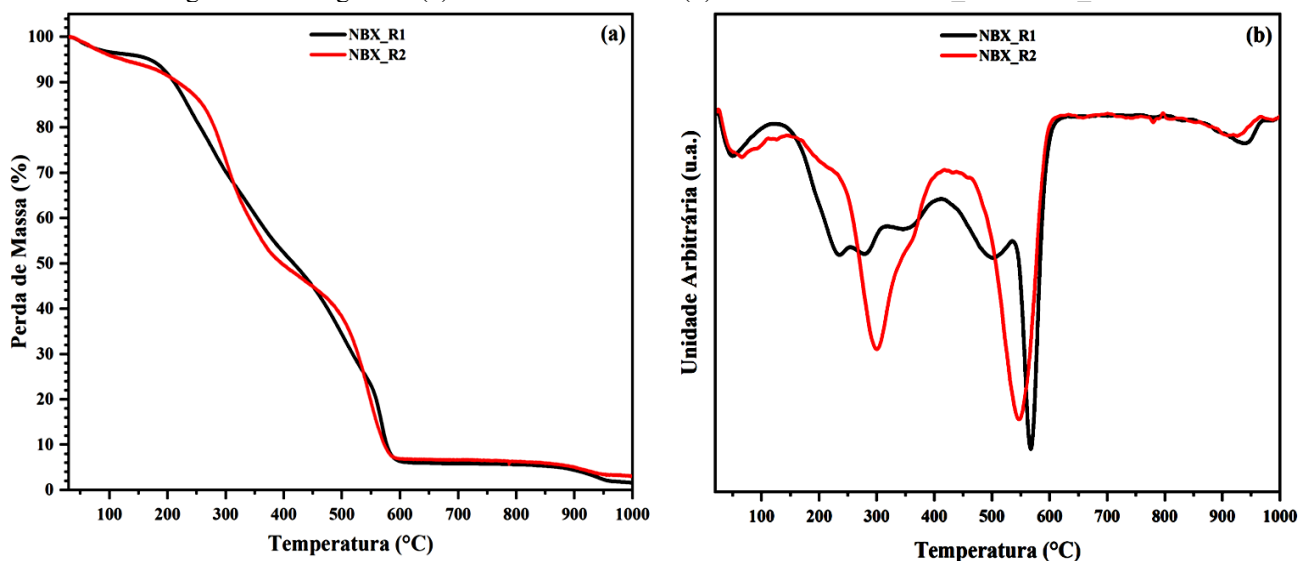


Fonte: Autores, 2025.

3.5 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA) E DERIVADA TERMOGRAVIMÉTRICA (DRT G)

A Figura 6 mostra o comportamento térmico dos pós de norbixina NBX_R1 e NBX_R2 onde é possível identificar que ambas as amostras apresentaram estabilidade térmica semelhante com 4 etapas de degradação. Em resumo, os dados contidos na Tabela 2 revelam que no primeiro evento as amostras perderam, aproximadamente, 4% e 6% em massa entre 30 °C e 145 °C, respectivamente. Essas perdas estão relacionadas à perda de água adsorvida na superfície que segundo Barrozo; Santos; Cunha (2013); Sousa *et al.*, (2020) é devido ao caráter higroscópico do carotenoide norbixina. O segundo evento apresenta taxa máxima de degradação na temperatura de 260 °C e 296 °C, respectivamente. Estudos realizados por Oliveira *et al.*, (2021) revelaram uma taxa máxima de degradação na temperatura de 230 °C, essa diferença pode estar relacionada aos parâmetros utilizados na extração do carotenóide, tais como tipo de solvente extrator, sua concentração, tempo e temperatura de extração. Os termogramas também revelaram uma perda de aproximadamente 50% em massa, que ocorre até 400 °C nas amostras, que segundo Oliveira *et al.*, (2022) pode estar relacionada a decomposição do amido que ocorre entre 330 °C e 380 °C

Figura 6: Termogramas (a) e as curvas de DrTG (b) das amostras de NBX_R1 e NBX_R2



Fonte: Autores, 2025.

Tabela 2 - Resultado da TGA das amostras de NBX_R1 e NBX_R2.

Amostras	Evento térmico	ΔT (°C)	Δm (%)	Resíduo (%)
NBX_R1	1º	30 a 115	3.6	~ 3.0
	2º	130 a 410	45.3	
	3º	415 a 630	44.4	
	4º	840 a 970	3.5	
NBX_R2	1º	30 a 145	5.7	~ 6.0
	2º	150 a 420	46.3	
	3º	440 a 630	39.2	
	4º	820 a 970	2.8	

Legenda: ΔT = variação da temperatura e Δm = variação de massa.

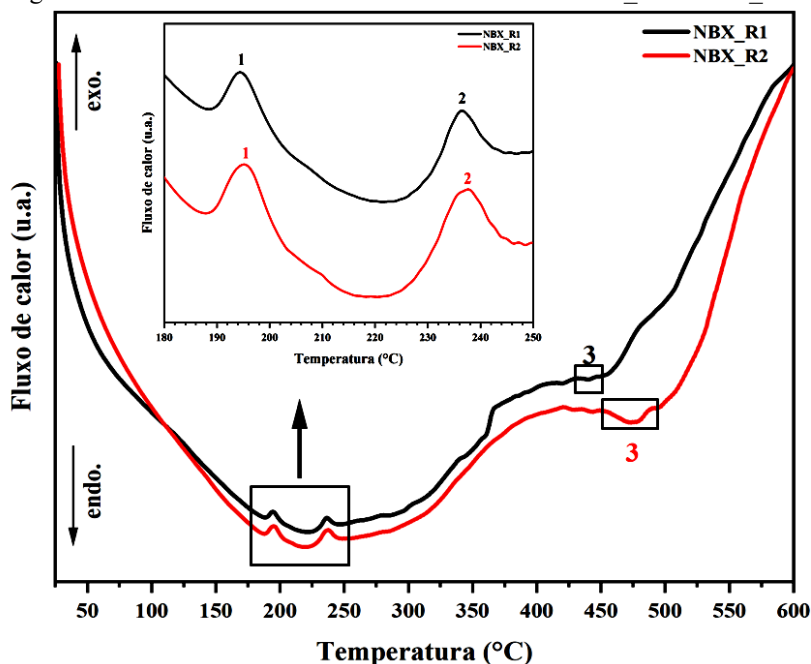
Fonte: Autores, 2025.

3.6 CALORIMETRIA DIFERENCIAL EXPLORATÓRIA (DSC)

Na Figura 6 as curvas DSC da norbixina NBX_R1 e NBX_R2 revelaram dois picos exotérmicos (picos 1 e 2) e um pico endotérmico (pico 3) em ambas as amostras. A Tabela 3 mostra que os picos 1 e 2 apresentam temperaturas com variação de energia próximos que, segundo Perotti *et al.*, (2020) a partir de 170 °C até 300 °C, a norbixina sofre decomposição liberando principalmente fragmentos de H₂O e CO₂. Entretanto, o pico 3 da amostra de norbixina NBX_R2 apresenta energia absorvida maior com relação ao mesmo pico da amostra NBX_R1. Essa diferença, segundo Maniglia;

Tapia-Blácido (2016) pode estar relacionada ao fato da extração alcalina produzir grânulos de amido que provocam um aumento da energia. Além disso, estudos feitos por Sousa *et al.*, (2020) mostraram a presença de um pico endotérmico em 416 °C é referente ao processo de fusão ou ebulição de um dos componentes da degradação da norbixina.

Figura 6: Curvas de DSC das amostras de norbixina NBX_R1 e NBX_R2



Fonte: Autores, 2025.

Tabela 3: Comportamento térmico das DSC da norbixina (NBX_R1) e da norbixina (NBX_R2).

Amostras	Picos	T _{onset} (°C)	T _{endset} (°C)	T _{pico} (°C)	ΔH (J/g)
NBX_R1	1	189.63	200.59	194.44	3.25
	2	229.97	241.66	236.54	4.20
	3	434.37	446.53	439.52	0.72
NBX_R2	1	189.38	201.60	195.17	3.29
	2	229.63	243.07	237.67	4.34
	3	459.60	484.68	473.66	11,87

Legenda: T_{onset} (temperatura inicial extrapolada), T_{endset} (temperatura final extrapolada), ΔH (variação de energia)
Fonte: Autores, 2025.

4 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a extração da norbixina por meio de solução extratora alcalina pode ser uma grande oportunidade de negócio, além de ser economicamente viável. A análise dos

parâmetros tempo de extração e concentração da solução extratora revelaram que a base mais concentrada promove uma maior conversão de bixina para norbixina durante o processo de saponificação. Já o tempo de extração mais prolongado, apesar de proporcionar uma maior conversão de bixina para norbixina, também provoca a extração e degradação de outros compostos orgânicos.

Sendo assim, a rota de extração 1 (NBX_R1) mostrou-se mais eficiente do que a rota de extração 2 (NBX_R2), apesar de o rendimento do extrato nas duas rotas não ter apresentado diferença significativa. Entretanto, a espectrofotometria no Uv/vis revelou uma maior concentração de norbixina na amostra NBX_R2. No entanto, ao analisar o difratograma, a espectrofotometria no IV e a curva de DSC da amostra NBX_R2, identificou-se a presença do amido como subproduto extraído, o que causou uma diminuição da cristalinidade. Além disso, o termograma revelou uma maior quantidade de resíduos sendo degradado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos do Laboratório de Materiais (LIMAV) da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e do Laboratório de Materiais (LABMAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Campus Teresina Central pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que permitiu a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BARROZO, M. A. S.; SANTOS, K. G. & CUNHA, F. G. Mechanical extraction of natural dye extract from *Bixa orellana* seeds in spouted bed. *Industrial Crops and Products*, [s. l.], v. 45, p. 279–282, 2013.

CALOGERO, G. et al. Photoelectrochemical and spectrophotometric studies on dye-sensitized solar cells (DSCs) and stable modules (DSCMs) based on natural apocarotenoids pigments. *Dyes and Pigments*, v. 155, p. 75-83, 2018.

CARVALHO, I. C. et al. TiO₂-based dye-sensitized solar cells prepared with bixin and norbixin natural dyes: Effect of 2, 2'-bipyridine additive on the current and voltage. *Optik*, v. 218, p. 165236, 2020.

COLOSIMO, D. F. et al. Development, modeling and simulation of extraction and purification of bixin from annatto seeds (*Bixa orellana* L.). *Chemical Engineering Research and Design*, v. 182, p. 478–489, 2022.

CUNHA, F. G. et al. Annatto powder production in a spouted bed: an experimental and CFD study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 48, n. 2, p. 976-982, 2009.

CRUZ, C. K. et al. Avaliação da influência da adição de amido nas propriedades do poliuretano. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. e26211629128-e26211629128, 2022.

DOS SANTOS, A. E. A. et al. Cellulose acetate nanofibers loaded with crude annatto extract: Preparation, characterization, and in vivo evaluation for potential wound healing applications. *Materials Science and Engineering: C*, v. 118, p. 111322, 2021.

FERNANDES, A. C. et al. Use of different conditioning factors and quality assessment of two lots of annatto seeds (*Bixa orellana*). *Forest Science*, v. 31, p. 808-829, 2021.

FILIPINI, L. K. et al. Corantes naturais: usos, benefícios e métodos de extração. 2022

FONTINELE, L. P. et al. Norbixin extracted from urucum (*Bixa orellana* L.) for the formation of conductive composites with potential applications in electrochemical sensors. *Surfaces and interfaces*, v. 13, p. 92-100, 2018.

GUTIÉRREZ, T. J. & ALVAREZ, V. A. Properties of native and oxidized corn starch/polystyrene blends under conditions of reactive extrusion using zinc octanoate as a catalyst. *Reactive and Functional Polymers*, v. 112, p. 33-44, 2017.

HUSA, N. N.; HAMZAH, F. & SAID, H. M. Characterization and Storage Stability Study of Bixin Extracted from *Bixa orellana* Using Organic Solvent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 358, n. 1, 2018.

LIU, H. et al. Utilization of protein nanoparticles to improve the dispersibility, stability, and functionality of a natural pigment: Norbixin. *Food Hydrocolloids*, v. 124, p. 107329, 2022.

KUSMITA, L. et al. *Bixa orellana* L. carotenoids: Antiproliferative activity on human lung cancer, breast cancer, and cervical cancer cells in vitro. *Natural Product Research*, v. 36, n. 24, p. 6421-6427, 2022.

MANIGLIA, B. C.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R. Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, v. 55, p. 47-55, 2016.

MANIGLIA, B. C. & TAPIA-BLÁCIDO, D. R. Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, v. 55, p. 47-55, 2016.

MATOS, A. Z. G. Síntese e caracterização de poliéster obtido a partir do óleo de mamona modificado, glicerol e norbixina. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2017.

MUTHUKUMAR, T. et al. Preparation, characterization, and in vitro bioactivity of Bixa Orellana extract-impregnated collagen microspheres. *Journal of Materials Science*, [S.l.],v. 49, p. 5.730-5.737, 2014.

OLIVEIRA, I. G. S. et., al. Avaliação da concentração de bixina e norbixina em extrato de urucum obtido a partir de diferentes solventes. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 47554-47563, 2021.

OLIVEIRA, R. V. et al. Biocompósito biodegradável hidrofóbico à base de amido de banana verde associado à celulose bacteriana. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 1, pág. e202149059, 2022.

PEROTTI, G. F. et., al. Intercalation of apocarotenoids from annatto (*Bixa orellana L.*) into layered double hydroxides. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 31, p. 2211-2223, 2020.

PIMENTEL, F. A. Avaliação de métodos de obtenção e de estabilidade de pigmentos de sementes de urucum. 1995, 132p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

PINHEIRO, F. S. et al. Área foliar de mudas de urucum (*Bixa orellana L.*) estimada por diferentes métodos: uma análise comparativa. *Ciência Florestal*, v. 30, p. 885-897, 2020.

RAHMALIA, W. et al. Adsorption characteristics of bixin on acid-and alkali-treated kaolinite in aprotic solvents. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, v. 2018, 2018.

RAHMALIA, W.; CRESPO, E. & USMAN, T. Fabrication of Norbixin-Sensitized Solar Cell and The Effect of Light Intensity on Its Performance and Reusability. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, Vol. 926. No. 1, p. 012091, 2021.

SILVA JÚNIOR, R. M. et al. Development and characterization of thin film composite developed from poly (vinyl alcohol)(PVA)/polyethylene glycol (PEG)/norbixin (NBx)/hydroxyapatite. *Colloid and Polymer Science*, v. 299, p. 751-762, 2021.

SILVA, G. S. et., al. Kinetics study of norbixin's first stage thermal decomposition, using dynamic method. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, v. 87, p. 871-874, 2007.

SILVA, M. G. et., al. The Annato Carotenoids and the Norbixin Absorption Coefficient. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v. 77, p. 1-8, 2018.

SILVA, F. A.; BIZERRA, A. M. C. & FERNANDES, P. R. D. Testes fitoquímicos em extratos orgânicos de bixa orellana l (urucum). *Holos, [S. l.]*, v. 2, p. 484–498, 2018.

SOUSA, R. C. et al. Characterization and assessment of the genotoxicity and biocompatibility of poly (hydroxybutyrate) and norbixin membranes. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 35, 2020.

SOUSA, R. C. et al. Uso de Poli-hidroxibutirato e Norbixina como Biomaterial para Regeneração Óssea: um mapeamento tecnológico. *Cadernos de Prospecção*, v. 13, n. 3, p. 805-805, 2020.

STRINGHETA, P. C. & SILVA, P. I. Pigmentos de urucum: Extração, reações químicas, usos e aplicações. Viçosa: Suprema, 2008.

VAN CHUYEN, H.; HOI, N. T. N. & EUN, J. B. Improvement of bixin extraction yield and extraction quality from annatto seed by modification and combination of different extraction methods. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 47, n. 7, p. 1333–1338, 2012.

VENTUROSOSO, L. R. et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, v. 37, p. 18-23, 2011.

WITONO, J. R. et., al. The potency of norbixin as an active compound of natural dye in textile industry. *Materials Today: Proceedings*, 2022.

ZABOT, G. L. et al. Physicochemical, morphological, thermal and pasting properties of a novel native starch obtained from annatto seeds. *Food Hydrocolloids*, v. 89, p. 321-329, 2019.