

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**YNIS THACIANE FELIX DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÃO COSMÉTICA CREME  
FACIAL CONTENDO O PÓ DA FOLHA DE NONI OBTIDO ATRAVÉS  
DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2024**

**YNIS THACIANE FELIX DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÃO COSMÉTICA CREME FACIAL  
CONTENDO O PÓ DA FOLHA DE NONI OBTIDO ATRAVÉS DE SECAGEM EM  
CAMADA DE ESPUMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Josilene de Assis Cavalcante

Coorientadora: Profa. Dra. Melânia Lopes Cornélio

**JOÃO PESSOA – PB**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586d Silva, Ynis Thaciane Felix da.

Desenvolvimento de formulação cosmética creme facial contendo o pó da folha de noni obtido através de secagem em camada de espuma / Ynis Thaciane Felix da Silva. - João Pessoa, 2024.

102 f. : il.

Orientação: Josilene de Assis Cavalcante.

Coorientação: Melânia Lopes Cornélio.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Engenharia química. 2. Noni (*Morinda citrifolia* L.). 3. Creme facial - Formulação. 4. Análise termogravimétrica. 5. Isotermas de adsorção. I. Cavalcante, Josilene de Assis. II. Cornélio, Melânia Lopes. III. Título.

UFPB/BC

CDU 66.0(043)

**YNIS THACIANE FELIX DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÃO COSMÉTICA CREME FACIAL  
CONTENDO O PÓ DA FOLHA DE NONI OBTIDO ATRAVÉS DE SECAGEM  
EM CAMADA DE ESPUMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

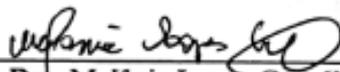
Aprovada em 26 de fevereiro de 2024

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profª. Dra. Josilene de Assis Cavalcante – PPGEQ/CT/UFPB  
(Orientadora)



---

Profª. Dra. Melânia Lopes Cornélio – DEQ/CT/UFPB  
(Coorientadora)



---

Prof. Dr. Levi Gomes de Oliveira CCEN/UFPB



---

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva PPGEQ/UFPB

Aos meus pais e à  
minha filha,  
**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me sustentou e me guiou, permitindo-me chegar até aqui, sendo consolo nos momentos mais difíceis e motivo para eu nunca desistir, apesar de todas as adversidades e obstáculos ao longo desta caminhada.

Ao meu pai João Félix (*in memoriam*) que foi a minha maior inspiração ao longo de toda a minha vida, exemplo de força, de caráter, de determinação e de ser humano e, apesar de não estar mais entre nós para comemorar comigo esta vitória, foi a minha motivação para fazer todas as boas escolhas, inclusive escolher a Química como profissão.

À minha mãe, Maria Goretti, mulher guerreira, que nunca me deixou desistir, sempre me incentivando a continuar e me auxiliando nos momentos mais delicados e difíceis, pelo suporte financeiro, psicológico e emocional.

À minha irmã, Yanne, que sempre acreditou, financiou quando pôde e sonhou os meus sonhos comigo, apesar de todas as dificuldades.

À minha filha, Ísis Pietra, que foi o motivo pelo qual eu permaneci perseverante e tornou a opção desistir inviável.

Aos amigos e familiares que compreenderam as minhas ausências nos encontros sociais pela busca de realização dos meus sonhos.

À minha Orientadora, Dra. Josilene, por aceitar me orientar e ter desempenhado com maestria o papel de orientadora, me encorajando e me mantendo incentivada nesta jornada, pelo ser humano maravilhoso que é e pelos ensinamentos não só na Engenharia Química, mas de vida e ao professor Nagel que me manteve motivada ao longo do primeiro ano de mestrado ministrando disciplinas de alta complexidade, tornando-as simples.

À minha coorientadora, Dra Melânia, por ter aceitado abraçar o desafio do desenvolvimento de uma formulação verde, acatando as minhas ideias e abraçando as minhas sugestões, me incentivando de maneira positiva na busca perfeita do produto estudado.

Aos técnicos do laboratório de Termodinâmica da UFPB, Clediana e Francisco e à técnica Karla do laboratório de cosméticos, sempre muito solícitos nas minhas necessidades.

Aos amigos que fiz nessa caminhada, em especial Izabella e Wilma, mulheres de histórias tão inspiradoras que foram parceiras e tornaram o processo mais leve.

Aos secretários do PPGEQ Fabrício e Nicholas que sempre foram muito solícitos e disponíveis para nos auxiliar em todas as demandas do curso.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste sonho.

**É justo que muito custe o que muito vale.**

Santa Teresa D'Ávila

## RESUMO

A secagem em camada de espuma é um tratamento térmico utilizado para o processamento e consequente aumento do tempo de vida de produtos perecíveis devido à remoção da água disponível para a atividade microbiana. O noni (*Morinda citrifolia* L.) tem diversos fins terapêuticos devido à existência de mais de 200 substâncias fitoquímicas com propriedades bioativas. Entretanto, as espécies vegetais se deterioram em um curto espaço de tempo após serem colhidas devido à disponibilidade de água, havendo a necessidade de serem consumidas ou processadas rapidamente, comercializadas secas e embaladas. Medicamentos e emulsões cosméticas são comumente desenvolvidos a partir de compostos vegetais com diversos benefícios. As emulsões, por exemplo, são formulações utilizadas em produtos para cuidados com a pele em que duas fases, uma aquosa e outra oleosa, são combinadas a fim da obtenção de um produto agradável com capacidade de fornecer benefícios à pele e têm, muitas vezes, como constituinte principal, ativos vegetais. Esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um creme facial a partir do pó das folhas do noni obtido através de secagem em camada de espuma. Foram analisados parâmetros do pó obtido e da formulação cosmética desenvolvida. A iniciar com as análises do pó, foram determinadas as isotermas de adsorção a fim de compreender a perecibilidade do produto para o armazenamento. Foram realizados os ajustes matemáticos das isotermas obtidas com três diferentes modelos matemáticos. O modelo Oswin foi o que melhor representou ajustes empíricos descrevendo o processo. A análise termogravimétrica foi realizada a fim de investigar a estabilidade térmica do pó da folha do noni e da formulação cosmética na faixa de temperatura de 30 a 600 °C e em atmosfera inerte de nitrogênio sob as taxas de aquecimento de 10, 20 e 40 °C/min. Foram utilizados modelos matemáticos isoconversionais e para ajustar a cinética de degradação que se mostraram eficazes dos mecanismos de degradação, o que foi observado a partir dos valores de  $R^2$  obtidos. Os pós da folha do noni obtido por secagem em camada de espuma apresentaram alta higroscopicidade em todas as condições de obtenção, apresentando atividade de água ( $A_w$ ) que variou de 0,098 a 0,969; as isotermas foram classificadas como sendo do Tipo III (sigmoidal). O comportamento térmico em atmosfera inerte do pó da folha do noni é o mesmo quando comparado nas mesmas taxas de aquecimento o que indica que as condições de obtenção do pó não influenciam no seu processo de decomposição. Com a análise térmica foi possível observar uma perda gradual de massa para o pó da folha do noni em todas as amostras estudadas, o que indica que as amostras são termicamente instáveis já que Energia de Ativação ( $E_a$ ) determinada não apresentou diferenças importantes entre as amostras, indicando que as condições experimentais utilizadas para a obtenção do pó não exerceram influência no processo de degradação. Com o presente estudo foi possível, portanto, concluir que as folhas do noni possibilitam o desenvolvimento de formulações que atendem aos requisitos organolépticos e sensoriais de uma preparação cosmética.

Palavras-chave: Ajuste matemático; análise termogravimétrica; isotermas de adsorção; mecanismos de degradação.

## ABSTRACT

Foam layer drying is a thermal treatment used for the processing and consequent increase in the shelf life of perishable products due to the removal of water available for microbial activity. Noni (*Morinda citrifolia* L.) has several therapeutic purposes due to the existence of more than 200 phytochemical substances with bioactive properties that can be explored in the cosmetic and pharmaceutical areas. However, plant species deteriorate within a short period of time after being harvested due to the availability of water, meaning they need to be consumed or processed quickly, sold dry and packaged. Medications and cosmetic emulsions are commonly developed from plant compounds with diverse benefits. Emulsions, for example, are formulations used in skin care products in which two phases, one aqueous and the other oily, are combined in order to obtain a pleasant product with the capacity to provide benefits to the skin and often have as the main constituent, plant active ingredients. This work aimed to develop a facial cream from noni leaf powder obtained through drying in a layer of foam. Parameters of the powder obtained and the cosmetic formulation developed were analyzed. Starting with the analysis of the powder, the adsorption isotherms were determined in order to understand the perishability of the product for storage. Mathematical adjustments were made to the isotherms obtained with three different mathematical models. The Oswin model was the one that best represented empirical adjustments describing the process. Thermogravimetric analysis was carried out in order to investigate the thermal stability of the noni leaf powder and the cosmetic formulation in the temperature range of 30 to 600 °C and in an inert nitrogen atmosphere under heating rates of 10, 20 and 40 °C/ min. Isoconversional mathematical models were used to adjust the degradation kinetics, which proved to be effective in terms of degradation mechanisms, which was observed from the  $R^2$  values obtained. Noni leaf powders obtained by drying in a foam layer showed high hygroscopicity under all conditions of production, presenting water activity ( $A_w$ ) that varied from 0.098 to 0.969; the isotherms were classified as Type III (sigmoidal). The thermal behavior of noni leaf powder in an inert atmosphere is the same when compared at the same heating rates, which indicates that the conditions for obtaining the powder do not influence its decomposition process. With thermal analysis, it was possible to observe a gradual loss of mass for the noni leaf powder in all samples studied, which indicates that the samples are thermally unstable since the Activation Energy ( $E_a$ ) determined did not show significant differences between the samples, indicating that the experimental conditions used to obtain the powder did not influence the degradation process. With the present study, it was therefore possible to conclude that noni leaves enable the development of formulations that meet the organoleptic and sensory requirements of a cosmetic preparation.

**Keywords:** Mathematical adjustment; thermogravimetric analysis; adsorption isotherms; degradation mechanisms.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1	NONI ( <i>Morinda citrifolia</i> L.) E ALGUMAS DE SUAS CARACTERÍSTICAS FITOQUÍMICAS	12
3.2	SECAGEM	15
3.3	ISOTERMAS DE SORÇÃO	16
3.4	ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTICA (TGA) E TERMOGRAVIMETRIA DERIVADA (DTG)	17
3.5	ENERGIA DE ATIVAÇÃO	18
3.6	COSMÉTICOS	18
3.7	EMULSÕES	19
4	METODOLOGIA	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6	CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS	81

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta a flora mais rica do mundo, possuindo mais de 46.000 espécies vegetais conhecidas (GIULIETTI et al, 2005), o que representa mais de 20% de espécies do planeta (BRASIL, n.d.). As plantas medicinais, espécies das quais se pode obter chás alimentícios, chás medicinais, fitoterápicos e fitocosmético, estão dentre as espécies vegetais que compõem a flora brasileira. No entanto, apesar dessa diversidade, há 359 fitoterápicos registrados no Brasil, cuja maioria é à base de espécies importadas, sendo nativas apenas 26,7% das espécies vegetais aprovadas como insumo farmacêutico (CARVALHO et al., 2018). Há, contudo, uma necessidade de o setor produtivo dedicar esforços para o desenvolvimento de novos produtos contendo plantas medicinais, valorizando especialmente a exploração de espécies vegetais pela população brasileira (GIULIETTI et al., 2005; CARVALHO et al., 2018).

A *Morinda citrifolia* L., por sua vez, comumente conhecida como noni, tem diversos fins terapêuticos devido à existência de mais de 200 substâncias fitoquímicas com propriedades bioativas como ácidos, álcoois, fenóis, sacarídeos, antraquinonas, carotenoides, ésteres, triterpenóides, flavonóides, glicosídeos, iridóides, cetonas, lactonas, lignanas, nucleosídeos, triterpenídeos, esteróis e compostos aromáticos. Os principais produtos industriais desta planta são bebidas (sucos), pós (de frutas secas), óleo (de sementes) e folhas em pó (KENGANORA e MANJULA, 2016; ALMEIDA, OLIVEIRA e HOTZA, 2019).

Serafini (2013) estudou o efeito fotoprotetor da *Morinda citrifolia* na pele a partir do extrato das folhas de *Morinda citrifolia* em formulações e concluiu que o extrato exerceu uma proteção aos danos causados pela radiação ultravioleta. Bronzo e Santos (2018) realizaram uma análise fitoquímica do extrato da *Morinda citrifolia* objetivando averiguar o potencial citotóxico *in vitro* de 20 extratos em três linhagens de células tumorais e constataram a capacidade de inibição das células cancerígenas para os extratos. Soares et al. (2011) estudaram o efeito causado pela suplementação diária do suco do noni em órgãos-alvo de ratos diabéticos tipo I e identificaram uma diminuição dos danos causados pela nefropatia diabética.

A planta medicinal tem centenas ou milhares de substâncias singulares que agem no organismo na prevenção, tratamento ou até cura de doenças (BRASIL, 2022). Seus frutos se deterioram em um curto espaço de tempo após serem colhidas devido à disponibilidade de água, havendo a necessidade de serem consumidas ou processadas

rapidamente, comercializadas secas e embaladas (BRASIL, 2022; CANABARRO, 2019). Souza et al. (2006) relataram a redução de 98,3% da carga microbiana inicial de plantas vegetais após processamento. Silva et al. (2010) avaliaram o efeito de diferentes formas de beneficiamento pós-colheita de drogas vegetais constituídas de partes aéreas de carqueja e observaram comportamento diferente dos teores dos constituintes químicos da espécie em estudo de acordo com o tipo de tratamento e/ou armazenamento a qual foram submetidos.

A grande parte dos medicamentos fitoterápicos registrados no Brasil apresenta-se sob a forma farmacêutica sólida e possui extratos secos como principal matéria-prima ativa (OLIVEIRA e PETROVICK, 2010).

O processo de secagem é largamente utilizado na obtenção de extratos secos com melhores propriedades e maior concentração de constituintes com atividade biológica. A secagem é um método amplamente utilizado na indústria em que a atividade da água é reduzida, sendo uma das formas mais eficientes de aumentar a vida útil de determinado material, pois diminui o crescimento microbiano o que facilita a sua comercialização com o aumento da vida de prateleira do produto (LIMA, 2020).

O método de secagem em camada de espuma é frequentemente empregado em secadores convectivos por ar quente (MENEZES, 2022). É um método que apresenta vantagens devido aos baixos custos e operação simples comparado a outros métodos (SANSOMCHAI; SROYNAK; TIKAPUNYA, 2023). Além de melhorar as propriedades físicas e químicas do produto alimentício em curto tempo de processo (KUMAR et al., 2022). Sendo considerada uma técnica de conservação que prolonga a vida de prateleira, preservando os compostos de interesse nutricional, associada à redução de perdas, saudabilidade e geração de renda (SILVA et al., 2021).

Objetivando explorar as possibilidades do uso do noni, planta rica em bioativos, ainda pouquíssimo explorada no Brasil, e a sua aplicação em produtos cosméticos, este estudo visa à utilização das melhores condições operacionais do processo de secagem de acordo com a literatura para a obtenção do pó da folha do noni a fim de conservar as principais propriedades benéficas das folhas em um creme cosmético facial.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL:**

Desenvolver formulação cosmética de creme facial contendo o pó da folha de noni obtido através de secagem em camada de espuma.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Obter o pó da folha do noni em camada de espuma a partir de condições previamente estudadas;
- Determinar as isotermas de adsorção de água dos pós da folha de noni nas temperaturas de 15, 30 e 45 °C, obtidos pela secagem em camada de espuma e por liofilização;
- Fazer ajuste matemático das isotermas de adsorção obtidas experimentalmente com os modelos matemáticos encontrados na literatura;
- Realizar a análise termogravimétrica do pó obtido;
- Desenvolver creme facial contendo o pó da folha de noni;
- Realizar análises físico-químicas da formulação creme facial: pH, cor, viscosidade;
- Realizar análise termogravimétrica do creme formulado.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 NONI (*Morinda citrifolia* L.) E ALGUMAS DE SUAS CARACTERÍSTICAS FITOQUÍMICAS

A *Morinda citrifolia* L., comumente conhecida por noni (Figura 3.1), é uma árvore de origem asiática que se adaptou às condições climáticas brasileiras e vem sendo cultivada em quintais de todo o Brasil devido às propriedades medicinais difundidas pela população que utiliza o noni na medicina tradicional para os mais diversos fins, assim como devido às informações disponíveis na literatura que relatam a existência de mais de 160 compostos químicos que foram identificados nas diferentes partes da planta associados às ações antibacteriana, antiviral, antifúngica, antitumoral, analgésica e anti-inflamatória utilizados no tratamento de patologias como: câncer, diabetes, hipertensão, cicatrização, entre outras. (BRASIL, 2019).

Segundo Almeida (2022) o noni é uma espécie da família Rubiaceae, sendo originária do sudoeste asiático. Atualmente ela é encontrada em várias parte do mundo, inclusive no Brasil, em regiões tropicais da África (Centro e Sul), no Caribe e em países como a Austrália, China, Malásia, Indonésia e Índia.

Ainda segundo Almeida (2022), quase 200 fitoquímicos com propriedades bioativas já foram isolados e identificados em diferentes partes do noni e praticamente todas as partes da planta de noni são utilizadas e a cada uma delas a medicina popular atribui propriedades medicinais distintas.

A casca, considerada adstringente, é utilizada no tratamento da malária; as folhas são usadas como analgésico e para inflamações externas; as flores são utilizadas para tratar inflamações oculares; o extrato das raízes auxilia na redução da pressão sanguínea; as sementes são utilizadas como laxante. Os frutos são a parte da planta de mais ampla utilização, sendo várias as aplicações, entre elas: antibactericida, analgésico, anticongestivo, antioxidante, expectorante, anti-inflamatório, adstringente, emoliente, laxante, hipotensor, purificador do sangue, imunoestimulante e tônico. Também é atribuída ao fruto ação anticancerígena (SOUSA et al., 2009).

Figura 3.1 - *Morinda citrifolia* L. no Campus I da Universidade Federal da Paraíba.



Vários estudos têm sido realizados a fim de comprovar os efeitos farmacológicos do noni, sobretudo a respeito do seu consumo como alimento, pois, apesar da sua utilização na medicina popular para o tratamento de diversas enfermidades, não há evidências científicas que comprovem a segurança de produtos alimentícios contendo o noni (BRASIL, 2021). Em seu estudo sobre a avaliação da segurança alimentar do purê do noni utilizado no intuito de reduzir o potencial tóxico do glúten, Farias (2021) aponta o uso do noni como ingrediente alimentar viável. De maneira análoga, Inada (2021) avaliou o extrato aquoso dos frutos do noni nas alterações metabólicas em camundongos e constatou que os animais tratados não apresentaram sinais e sintomas de toxicidade aguda além de melhora na tolerância à glicose. Zhang et al. (2020) observaram a redução do peso corporal, bem como dos níveis de gordura corporal, triglicerídeos e colesterol de camundongos com o consumo diário de vinho com o noni como ingrediente principal.

O complexo de ativos decorrentes do metabolismo secundário de organismos de origem vegetal pode ser dividido em diferentes classes fitoquímicas que são classificadas de acordo com a sua composição e estrutura química. Pereira, Kafer e Wyrepkowski (2022) citam em seu estudo os taninos, saponinas, alcalóides, terpenos, flavonóides, esteróides e triterpenóides que possuem propriedades anti-inflamatória, antioxidante, diurética, antidepressiva.

Os micronutrientes importantes no noni planta são compostos fenólicos, ácidos orgânicos e alcaloides (SERAFINI, 2013).

Alguns flavonóides característicos no noni são a quercetina, kaempferol, cumarinas (escopoletina) que tem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (SHASHIKUMAR et al., 2022).

Os flavonóides compreendem uma série de compostos secundários que ocorrem

exclusivamente em plantas superiores, sendo responsáveis, na planta, pela coloração das flores (DI STASI, 1996).

Os flavonóides possuem atividade biológica, incluindo antialérgica, antiviral, antiinflamatória, hepatoprotetora, antioxidante, vasodilatadora e anticarcinogênica (OLIVEIRA, ESPESCHIT e PELUZIO, 2006). Porém, muitos estudos sugerem que o maior interesse está voltado para sua atividade antioxidante, o qual é devido a sua capacidade de reduzir a formação de radicais livres e de sequestrá-los.

A atividade antioxidante dos flavonoides é atribuída aos seus radicais fenólicos (grupos hidroxila fenólicos ligados à sua estrutura) que atuam como doadores de prótons e estudos de relação estrutura-atividade (SAR) de flavonoides mostram a importância do número e localização desses grupos hidroxila para a sua atividade antioxidante (OLIVEIRA, ESPESCHIT e PELUZIO, 2006; ASRES, EL-FIKY e SEYOUM, 2006).

Estes compostos são excelentes antioxidantes por serem altamente reativos como doadores de elétron ou hidrogênio (COTELLE, 2001). Eles possuem a capacidade de reduzir as espécies reativas de oxigênio geradas artificialmente em sistemas não biológicos, sendo de grande importância terapêutica no tratamento de doenças mediadas por radicais livres (PANNALA et al., 2001; CHEN et al., 2002).

Estudos têm encontrado uma associação inversamente proporcional entre a ingestão de dietas ricas em polifenóis (tais como frutas, verduras e grãos) e do risco de doenças relacionadas à estresse oxidativo nos seres humanos. Esta associação é frequentemente atribuída às atividades antioxidante dos flavonoides e outros polifenóis encontrados em produtos naturais (TANG, HALLIWELL, 2010).

O uso do suco de noni foi relatado por melhorar a função imune, mostrando efeitos antienvhecimento e anticâncer (WANG et al., 2002)

Embora o interesse contínuo nos efeitos benéficos do noni seja evidenciado em vários estudos, não há uma revisão recente que foque na utilização do noni para outras finalidades, a exemplo como um ingrediente cosmético.

Compostos capazes de inibir a ação e a formação de espécies reativas de oxigênio, podem ser capazes de proteger a pele dos danos induzidos pela radiação ultravioleta (SERAFINI, 2013).

O processo de envelhecimento cutâneo é complexo, sendo influenciado pela combinação de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores extrínsecos, por sua vez, estão relacionados aos fatores ambientais como a exposição à luz, poluição, radiação ionizante, produtos químicos e toxinas (GANCEVICIENE et al., 2012).

O fator extrínseco de maior influência no envelhecimento da pele é a exposição a luz solar sem proteção. O dano causado pelos raios UV resulta em um aumento no pH da superfície da pele e uma produção contínua de espécies reativas de oxigênio nas mitocôndrias que resulta de um metabolismo oxidativo das células e uma diminuição na atividade antioxidante (MESA-ARANGO; FLOREZ-MUNOZ e SANCLEMENTE, 2017).

Como compostos polifenólicos, os flavonoides possuem a capacidade de agir como antioxidantes por um mecanismo de abstração de radicais livres com a formação de radicais fenoxi-flavonoides menos reativos. Eles também possuem a capacidade de quelar metais de transição, inativando íons ferro através de complexação, suprimindo radicais superóxido através de reação de Fenton (ARORA, NAIR e STRASBURG, 1998).

Com o interesse em se utilizar plantas medicinais, surge o esforço em empregar antioxidantes aplicados topicamente ou oralmente objetivando prevenir doenças originadas por espécies reativas ao oxigênio, por enriquecer o sistema de proteção cutâneo endógeno (AFAQ et al., 2005; ALMEIDA et al., 2008).

A incorporação de extratos de plantas obtidos de folhas, raízes, frutos, sementes, bagas, caules, galhos, cascas e flores de plantas, com ação antioxidante, aos produtos cosméticos, tem sido uma tendência do mercado. Esses extratos podem ser facilmente adicionados a produtos como sabonetes, hidratante, cremes, cosméticos e máscaras faciais e podem ser utilizados a fim de prevenir danos que desencadeiam o fotoenvelhecimento ou câncer de pele, por exemplo (DRAELOS, 2006; CUNHA et al., 2004).

### 3.2 SECAGEM

No processo de secagem, a perda da quase totalidade da água livre presente ocorre pela vaporização da água devido à diferença de temperatura entre ar quente e a fruta, determinando uma diferença de pressão de vapor entre o ar e a superfície, e, ocasionando a transferência de massa de água para o ar, na forma de vapor de água, objetivando, principalmente, reduzir os custos energéticos, importante para o transporte, embalagem e armazenamento dos alimentos com alto teor de água contribuindo para a sua conservação e conseqüente uso prolongado (PARK, BIN e BROD, 2001).

Segundo Alves (2014) alguns tipos de secagem são empregados visando diversas finalidades. Para os produtos alimentícios, é empregada principalmente na conservação, permitindo também o transporte e armazenamento sem refrigeração.

O processo de secagem de espécies vegetais que são utilizadas pela indústria como matéria-prima é importante e deve ser aplicado após a colheita para melhor conservação, pois a redução do teor de umidade evita a ação de agentes deteriorantes como enzimas e microrganismos (CAGLIARI, 2022; ALVES, 2014).

Frutas e vegetais são secos para impedir a atividade enzimática microbiana e a deterioração da qualidade do produto. Uma vez reduzida a atividade de água, reduzem-se as mudanças físicas e químicas durante o armazenamento aumentando o prazo de validade do material seco. Além disso, os custos de transporte e armazenamento são menores, já que se reduz o peso e o volume do produto seco (ARAL e BESE, 2016; LEAL et al., 2016).

Dependendo do tratamento térmico, a secagem dos produtos vegetais pode promover a redução indesejada de propriedades de interesse ou até mesmo alterações nas características do produto (ERBAY e ICIER, 2010).

Dentre os processos de secagem, tem-se a secagem em camada de espuma, que é uma técnica simples e de baixo custo, que para alguns materiais faz uso de agentes estabilizadores de espuma e tem como vantagens menores temperaturas e tempo de secagem, atribuídos à maior área de superfície exposta ao ar, permitindo maiores taxas de secagem em relação a outras técnicas de secagem (FRANCO et al., 2016).

A secagem em camada de espuma é um método de conservação no qual o produto líquido ou semilíquido é convertido em uma espuma estável por meio de agitação e adição de agentes espumantes, para depois ser submetida à desidratação (BREDA, JUSTI e ARGANDOÑA, 2013).

Um dos desafios na secagem da folha do noni é o conhecimento das melhores condições de secagem para diminuir as perdas dos compostos bioativos.

### 3.3 ISOTERMAS DE SORÇÃO

As isotermas de sorção são utilizadas para obtenção do teor de umidade, tendo em vista que a eliminação de umidade demanda aplicações de variáveis do ar de secagem (temperatura, umidade, velocidade) bem dimensionadas para assegurar uma boa compreensão desse processo que prevê mudanças na estabilidade dos alimentos, determina métodos de estocagem, seleção de embalagens e ingredientes e também desenvolve e aperfeiçoa equipamentos (STENCL, 2004).

As isotermas de sorção são representadas por curvas que descrevem a relação de equilíbrio da quantidade de água sorvida por componentes do produto e da pressão de

vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura (PARK, BIN e BROD, 2001).

As curvas de isotermas de sorção são utilizadas para descrever o fenômeno de adsorção e dessorção nos alimentos, para conduzir a secagem até estabelecer a umidade final ou ainda a atividade de água do produto (ALVES, 2014).

A fim de obter uma isoterma de sorção é necessário que o produto alcance o equilíbrio cedendo (dessorção) água ao ambiente, ou ganhando (adsorção) água do ambiente (KUROZAWA, EL-AOUAR e MURR, 2005).

De acordo com Damodaran e Parkin (2019), para a construção das isotermas de adsorção, a matéria-prima seca é submetida à atmosfera saturada, à medida que é verificado o aumento de peso do material, gerado pelo ganho de água durante o processo de hidratação, ou seja, no caso deste estudo, o pó obtido através do processo de secagem em camada de espuma é colocado em um ambiente com a umidade relativa do ar elevada, o pó absorve a umidade do ambiente e sua massa é mensurada, enquanto que a isoterma de dessorção é quando se submete a matéria-prima úmida sob as mesmas condições atmosféricas designadas para adsorção e se é observada a diminuição de peso da mesma, gerada pela perda de água durante o processo de desidratação.

Alguns modelos matemáticos são utilizados para expressar o teor de umidade de equilíbrio da umidade relativa do ar ou atividade de água ( $A_w$ ), no entanto, uns podem ser considerados mais adequados que outros, devido à descrição de maior precisão do fenômeno de sorção numa vasta faixa de atividade de água e parâmetros que relacionam o efeito da temperatura (MULET et al., 2002).

### 3.4 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTICA (TGA) E TERMOGRAVIMETRIA DERIVADA (DTG)

Uma vez que uma amostra é aquecida, podem ocorrer mudanças químicas ou físicas em sua estrutura, dependendo se o calor térmico é menor ou maior que as energias de suas ligações, respectivamente. O calor removido ou provido a um material provoca mudanças que podem ser úteis e importantes, ou podem provocar deterioração e queima, não sendo desejável em outros casos. Por isso é importante entender as mudanças térmicas de determinados compostos, assim como os limites de temperatura aos quais podem ser submetidos sem que se comprometam as suas propriedades. O conhecimento das propriedades térmicas também pode levar à melhora dos processos de conservação e transporte. Em caso de decomposição é interessante saber quais são os produtos voláteis e os resíduos gerados, em relação à sua ação biológica ou ambiental (CAVALHEIRO,

2012).

A análise termogravimétrica pode ser compreendida como uma técnica termoanalítica que acompanha a variação da massa da amostra em função da programação da temperatura, enquanto a Termogravimetria Derivada (DTG) representa a derivada da variação da massa em relação ao tempo ( $dm/dt$ ) em função da temperatura. É a derivada primeira de TGA (DENARI e CAVALHEIRO, 2012).

### 3.5 ENERGIA DE ATIVAÇÃO

A Energia de Ativação,  $E_a$ , é a energia mínima, por parte dos reagentes, necessária para que uma reação química se inicie (CHANG, 2013), e pode ser calculada utilizando a Equação de Arrhenius (Equação 3.1) para investigar o efeito quantitativo da temperatura nas velocidades de reações.

$$k_t = A e^{-E_a/RT} \quad (3.1)$$

Em que

$K_t$  = Constante de velocidade

$A$  = Fator pré-exponencial

$E_a$  = Energia de Ativação

$R$  = Constante dos gases

$T$  = Temperatura

O termo  $e^{-E_a/RT}$  corresponde, de acordo com a teoria da cinética dos gases, à fração mínima de colisões entre as moléculas para que a reação ocorra, ou seja, com energia inferior à energia de ativação não haverá a formação de produtos, do contrário, havendo, pelo menos, a energia de ativação ou energia superior, sim. Segundo Atkins, Jones e Laverman (2018) a variação da velocidade da reação com a temperatura é utilizada para elaborar modelos de eventos atômicos que, por sua vez, geram informações importantes quanto à natureza da dependência da temperatura. Admitindo-se um mecanismo cineticamente controlado, um aumento de 10 °C na temperatura, por exemplo, poderá dobrar a velocidade de reação, em espécies orgânicas.

Vários métodos são utilizados para estimar a energia de ativação considerando a taxa de aquecimento e a temperatura. Dentre esses métodos, têm-se modelos isoconversionais e não isoconversionais que são úteis para mensurar as mudanças no mecanismo de reação através de mudanças na energia de ativação em função da conversão (MENCZEL e PRIME, 2008).

### 3.6 COSMÉTICOS

Um cosmético é um produto para uso externo, destinado à proteção ou ao embelezamento das diferentes partes do corpo (BRASIL, 2000).

Diferentemente dos cosméticos que são produtos utilizados apenas para melhorar o odor e aparência corporal, a junção de um cosmético e uma droga vegetal é chamado de cosmecêutico, um termo que tem sido amplamente utilizado. Os cosmecêuticos trazem em sua composição ativos instruídos para realizar a alteração da estrutura e de funções biológicas da pele. Algumas substâncias utilizadas são: retinóides, peptídeos, polihidroxiácidos, vitaminas do complexo B e extratos de plantas (JOSHI e PAWAR, 2015).

O termo cosmecêutico surgiu em 1984 com o Professor Albert Kligman, e foi admitido no *National Scientific Meeting of the Society of Cosmetic Chemists*. Aplicados topicamente, não são meramente cosméticos, uma vez que agem com maior profundidade na pele, não sendo, porém, considerados medicamentos; uma substância para embelezar e menos que um fármaco com efeito terapêutico (ABIHPEC, 2015).

Os princípios ativos dos cosmecêuticos podem se enquadrar em variadíssimas classes, como: vitaminas, lipídeos, antioxidantes, reparadores de colágeno, despigmentantes, esfoliantes, hidratantes e produtos antienvhecimento (DRAELOS, 2014).

A população mundial está cada vez mais interessada em melhorar a sua aparência, bem-estar e saúde corporal. Com o aumento da expectativa de vida do ser humano, aumentou-se a preocupação com a prevenção de afecções cutâneas, com o retardamento dos sinais do envelhecimento e com a melhora do embelezamento corporal (MOTA et al., 2014).

Nesse sentido, os cosméticos antienvhecimento tem sido foco de pesquisa e desenvolvimento, nessa busca incessante por parte da população por produtos que retardam o envelhecimento cutâneo, promovendo aos usuários uma aparência mais jovem (JUEZ; GIMIER, 1995; REBELLO, 2005; SILVA, 2015).

Para auxiliar no retardamento do envelhecimento cutâneo podem ser utilizados hidratantes, uma vez que a desidratação da pele agrava-se com a idade. Para tal, existem inúmeros compostos que apresentam ações desejadas para esta finalidade (AULTON; TAYLOR, 2016; VIEIRA; SOUZA, 2019).

Um cosmético antienvhecimento pode ser comercializado em diversas formas,

entretanto, atualmente, as emulsões vêm tomando grande parte do mercado (TRAN et al., 2019).

### 3.7 EMULSÕES

Emulsão é uma mistura de dois líquidos imiscíveis, na qual um deles está disperso no outro, em forma de gotículas líquidas (FERREIRA, 2008).

Esse sistema é composto por duas fases sendo uma denominada interna ou dispersa e outra externa ou dispersante, sendo que a segunda envolve a primeira. Emulsões simples são classificadas de acordo com suas fases interna e externa. Existem emulsões água em óleo (A/O) e óleo em água (O/A) (AULTON; TAYLOR, 2016).

São denominadas emulsões O/A aquelas que apresentam em sua composição uma porcentagem menor de óleos (fase interna) quando comparada à porcentagem de fase aquosa (fase externa). Já as emulsões denominadas A/O apresentam uma porcentagem de fase oleosa maior (fase externa) quando comparada à porcentagem de fase aquosa (fase interna). A proporção entre a fase oleosa e a fase aquosa poderá variar, dependendo do tipo de emulsão desenvolvida (VANZIN, 2011).

Os cremes, por sua vez, têm propriedades umectantes e emolientes. São emulsões compostas por duas fases distintas, uma fase interna ou dispersa, e uma fase externa, ou dispersante (CALAMOTE, 2022).

O processo de emulsificação clássico inicia-se quando um tensoativo adequado, selecionado a partir do cálculo do equilíbrio hidrófilo-lipófilo, é dissolvido naquela que será a fase externa da emulsão final. Posteriormente, a fase interna é adicionada a esta dispersão sob homogeneização (BECHER, 1983).

Os componentes presentes em uma emulsão dependem principalmente das substâncias selecionadas para compor a formulação desejada e das propriedades apresentadas por elas. Dentre os principais elementos que compõem uma emulsão estão: os agentes emulsionantes, os conservantes e os antioxidantes; além disso, outros componentes podem ser utilizados nesta formulação (THOMPSON, 2006).

Segundo Berman (2014), como regra básica, a formulação de uma emulsão deve conter:

- Fase aquosa: quase sempre representada pela água.
- Fase oleosa: composta por uma ampla variedade de substâncias de origem natural (exemplos: óleo de amêndoas, óleo de soja, cera de carnaúba, lanolina), semissintética (exemplos: ácido esteárico, álcool cetosteárico,

monoestearato de glicerila etc.) ou sintética (exemplo: silicones).

- Fase emulsificante: composta por tensoativos, naturais ou sintéticos, que se dividem em: catiônicos (exemplo: cloreto de benzalcônio), aniônicos (exemplo: estearato de sódio), anfóteros (exemplo: aminoácidos) e não iônicos (exemplo: ésteres de sorbitano); e bases
- Antioxidantes: para prevenir a oxidação de óleos e gorduras.
- Conservantes: para prevenir a contaminação microbiológica.
- Sequestrantes: para impedir a ação de íons metálicos sobre outros componentes da fórmula.

A quantidade relativa das substâncias no sistema corresponde às variáveis de composição. No sistema ternário de água, óleo e surfactante (SOW), duas variáveis de composição independentes são suficientes para definir o sistema. Essas variáveis são geralmente a concentração de surfactante e a razão volumétrica entre água e óleo (ARAÚJO, 2013).

A formulação de emulsões envolve basicamente a escolha da natureza e da quantidade das substâncias presentes nas fases água e óleo, o emulsificante e o protocolo de emulsificação. A natureza dos componentes do sistema envolve a definição das variáveis de formulação que definem as condições de equilíbrio do sistema. Na prática, há quatro variáveis de formulação em que uma é a temperatura e as outras três variáveis definem a natureza da fase água, da fase óleo e do surfactante (SALAGER, 2000).

Os agentes emulsionantes, também chamados de emulsificantes ou tensoativos, possuem papel fundamental na composição de uma emulsão. Apresentam como função a redução da tensão interfacial, além de evitar a coalescência das gotículas no sistema (ZANON, 2010), uma vez que dá estabilidade de uma emulsão, ou seja, a capacidade da mesma em manter sua homogeneidade durante certo período de tempo. A instabilidade resulta em mecanismos físico-químicos, como sedimentação, flotação, floculação e/ou coalescência (COSTA, 2022). A seleção do tensoativo ideal é um dos pontos cruciais na busca por tais sistemas (ATTWOOD e FLORENCE, 2003).

A escolha de um tensoativo era realizada de forma empírica, através de tentativa e erro. A partir de 1950 o sistema EHL (Equilíbrio Hidrófilo Lipófilo), desenvolvido por Griffin, foi adotado, em que se é possível obter o tensoativo ideal para equilibrar o sistema tornando mais racional a preparação de emulsões. Nessa teoria, tensoativos e fases oleosas são selecionados em termos de valores de equilíbrio hidrófilo-lipófilo (EHL) exigidos para emulsificação, o qual produz um sistema estável (GRIFFIN, 1949).**4**

## **METODOLOGIA**

A Metodologia do desenvolvimento desse trabalho está apresentada em forma de artigos científicos submetidos e a serem submetidos nos periódicos mostrados a seguir:

Artigo 1: COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DO PÓ DA FOLHA DO NONI (*Morinda citrifolia* L.) OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA (Publicado. Periódico: **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**. Qualis: A4 em Engenharias II).

Artigo 2: INFLUÊNCIA DA TEMPRATURA NO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA FOLHA DO NONI EM PÓ OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA. (A ser submetido. Periódico: **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**. Qualis: A4 em Engenharias II).

Artigo 3: ESTUDO ETNOFARMACOLÓGICO DA MORINDA CITRIFOLIA. L (NONI) APLICADA A UM CREME E A UMA MÁSCARA FACIAIS A PARTIR DO SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE (A ser submetido. Periódico: **Journal of Ethnopharmacology**. Qualis: A1 em Engenharias II)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Resultados e Discussão produzidos durante o desenvolvimento desse trabalho estão apresentados em forma de artigos científicos submetidos e a serem submetidos nos periódicos mostrados a seguir:

Artigo 1: COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DO PÓ DA FOLHA DO NONI (*Morinda citrifolia* L.) OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA (Publicado. Periódico: **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**. Qualis: A4 em Engenharias II).

Artigo 2: INFLUÊNCIA DA TEMPRATURA NO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA FOLHA DO NONI EM PÓ OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA. (A ser submetido. Periódico: **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**. Qualis: A4 em Engenharias II).

Artigo 3: ESTUDO ETNOFARMACOLÓGICO DA MORINDA CITRIFOLIA. L (NONI) APLICADA A UM CREME E A UMA MÁSCARA FACIAIS A PARTIR DO SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE (A ser submetido. Periódico: **Journal of Ethnopharmacology**. Qualis: A1 em Engenharias II)

## COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DO PÓ DA FOLHA DO NONI (*Morinda citrifolia* L.) OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

**RESUMO:** Estudos sobre o aspecto etnobotânico e sobre as propriedades do noni (*Morinda citrifolia* L.) revelam que as folhas do noni possuem compostos químicos que estão relacionados com atividades antibactericida, antioxidante, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imunoestimulante, dentre esses compostos estão, por exemplo, os flavanóides glicosídeos. O processo de secagem é, por sua vez, utilizado como forma de conservação de produtos perecíveis, como é o caso das plantas, devido à retirada da água disponível para a deterioração microbiana, mantendo preservadas as propriedades do material. Para o devido armazenamento e aumento da vida de prateleira do pó obtido após o processo de secagem, é importante o conhecimento das isotermas de adsorção. Este estudo teve como objetivo o levantamento das isotermas de adsorção dos pós obtidos das folhas do noni. Os pós a serem analisados foram obtidos através do processo de secagem em camada de espuma nos fatoriais máximos, mínimos e centrais do planejamento experimental completo de estudos realizados anteriormente. Para o ajuste matemático das isotermas obtidas foram testados três diferentes modelos matemáticos da literatura, a partir de dados experimentais de adsorção de umidade, para a análise de regressão não linear, usando os métodos de Gauss-Newton e Levenberg-Marquardt. Foi também calculado o calor isostérico dos pós para compreensão do comportamento da fase adsorvida com a variação da temperatura, além da afinidade entre adsorvato e adsorvente. O pó da folha do noni apresentou alta higroscopicidade, variando de 0,098 a 0,969 e o modelo Oswin foi o que melhor representou ajustes empíricos descrevendo o processo. Foi possível ainda inferir que a energia necessária para a remoção de água presente no pó da folha do noni decresce com o aumento da umidade de equilíbrio.

Palavras-chave: atividade de água; umidade; isoterma de adsorção; modelo Oswin

**ABSTRACT:** Studies on the ethnobotanical aspect and properties of noni (*Morinda citrifolia* L.) reveal that noni leaves contain chemical compounds that are related to antibacterial, antioxidant, antiviral, antifungal, antitumor, anthelmintic, analgesic, inflammatory, hypotensive and immunostimulating, among these compounds are, for example, flavanoid glycosides. The drying process is, in turn, used as a way of preserving perishable products, such as plants, due to the removal of water available for microbial deterioration, keeping the properties of the material preserved. For proper storage and increasing the shelf life of the powder obtained after the drying process, it is important to know the adsorption isotherms. This study aims to survey the adsorption isotherms of powders obtained from noni leaves. The powders to be analyzed were obtained

through the foam layer drying process in the maximum, minimum and central factorials of the complete experimental planning of previously carried out studies. For the mathematical adjustment of the obtained isotherms, three different mathematical models from the literature were tested, based on experimental moisture adsorption data, for non-linear regression analysis, using the Gauss-Newton and Levenberg-Marquardt methods. The isosteric heat of the powders was also calculated to understand the behavior of the adsorbed phase with temperature variation, in addition to the affinity between adsorbate and adsorbent. The noni leaf powder showed high hygroscopicity, ranging from 0.098 to 0.969 and the Oswin model was the one that best represented empirical adjustments describing the process. The isotherms were classified as Brunauer Type III. It was also possible to infer that the energy required to remove water present in the noni leaf powder decreases with increasing equilibrium humidity. Keywords: water activity; moisture; adsorption isotherm; Oswin model

## 1 INTRODUÇÃO

A diminuição das terras utilizadas na agricultura e o crescente consumo de espécies vegetais por questões de saúde são consequências do aumento populacional e demandam estudos sobre a possibilidade de utilização de produtos vegetais pós-colheita (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Uma alternativa é o processamento desses produtos. O método de secagem em camada de espuma é definido por Menezes (2022) como um método promissor para a obtenção de produtos em pó de alta qualidade uma vez que mantém preservadas as propriedades do alimento, como características nutricionais e sensoriais.

O método de secagem em camada de espuma é frequentemente empregado em secadores convectivos por ar quente (MENEZES, 2022). É um método que apresenta vantagens devido aos baixos custos e operação simples comparado a outros métodos (SANSOMCHAI; SROYNAK; TIKAPUNYA, 2023). Além de melhorar as propriedades físicas e químicas do produto alimentício em curto tempo de processo (KUMAR et al. 2022). Sendo considerada uma técnica de conservação que prolonga a vida de prateleira preservando os compostos de interesse nutricional associado, portanto, à redução de perdas, saudabilidade e geração de renda (SILVA et al., 2021).

As isotermas de sorção, por sua vez, são amplamente utilizadas para prever a estabilidade de alimentos em condições atmosféricas distintas. Em uma temperatura específica, são dadas a partir da relação entre o conteúdo de água

do alimento (massa de água por unidade de matéria seca) e a atividade de água (DAMODARAN et al., 2010).

Entre as espécies vegetais existem algumas denominadas plantas medicinais que possuem propriedades terapêuticas por gerarem distintos efeitos sobre os organismos vivos. A *Morinda citrifolia* (noni), por sua vez, tem sido utilizada como forma complementar da medicina no tratamento de diversas doenças (CHINAZA, 2023).

A espécie em questão é uma árvore trazida da Ásia, comumente utilizada, nesse continente, na forma de suco no tratamento de doenças crônicas como diabetes, câncer e hipertensão e, embora os estudos realizados até o momento não comprovem a sua eficácia e segurança no consumo, a medicina tradicional corrobora a ação antibacteriana, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica e anti-inflamatória (CERPES, 2019).

No entanto, a falta de comprovações científicas sobre o consumo seguro do noni e relatos de hepatotoxicidade após o consumo da fruta levou a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a proibir o consumo sem que houvesse comprovação de segurança e ausência de toxicidade visando a liberação para comercialização (BRASIL, 2015). Por essa razão a necessidade de ensaios para obtenção do pó e armazenamento em condições de armazenamento e posterior operação para que sejam possíveis estudos posteriores sobre a segurança do pó em relação a sua toxicidade e comercialização.

Assim, o estudo do comportamento das isotermas de adsorção do pó da folha do noni é de grande importância para obtenção de condições de operação que permitam uma maior estabilidade do pó, o que garante um produto de melhor qualidade e utilizável em todas as partes do país. Desta forma, este trabalho teve como objetivo o levantamento das isotermas de adsorção dos pós obtidos das folhas do noni.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 OBTENÇÃO DO PÓ DA FOLHA DO NONI**

As folhas do noni foram obtidas no Campus I Universidade Federal da Paraíba em João Pessoa – PB (entre as Coordenadas Geográficas WGS84 07°08'03" e 07°08'58" de Latitude Sul e entre 34°50'13" e 34°51'06" de Longitude

Oeste e altitude média de 33 metros) e imediatamente levadas ao laboratório de Termodinâmica onde foram higienizadas e submetidas ao processo de secagem em tempo hábil para evitar a decomposição do material. A higienização procedeu-se com a lavagem das folhas com sabão neutro e água potável, além da posterior imersão das folhas em uma solução de dois litros de água contendo 10 mL de hipoclorito de sódio, onde permaneceram por 5 minutos e foram novamente lavadas em água corrente.

Foram cortadas 50 g de folha em pedaços menores e processadas com 150 mL de água destilada em liquidificador industrial de alta rotação com capacidade de 2 litros, da marca Metavisa, em velocidade constante de 1800 rpm por três minutos.

As condições para a realização do estudo foram adaptadas dos pontos fatoriais mínimo, central e máximo do Planejamento fatorial completo realizado por Lima et al. (2024) e a espuma resultante em cada uma das três diferentes condições foi colocada em bandejas com espessura fixa de 0,5 cm e colocadas em estufas de circulação de ar por 330, 210 e 120 minutos a 50, 60 e 70 °C respectivamente.

## 2.2 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

Para a determinação das isotermas de adsorção de umidade do pó da folha do noni obtido na secagem em camada de espuma utilizou-se o método indireto estático descrito por Capriste e Rotstein (1982), com o auxílio do equipamento Termoconstanter Novasina TH-200, que é projetado para a medida da atividade de água à temperatura controlada.

Pesou-se 0,3 g das amostras dos pós obtidos nas condições 1 (3 min, 3% e 50 °C); 2 (4 min, 4% e 60 °C)) e 3 (5 min, 5% e 70 °C) em cápsulas plásticas, que acompanham o aparelho. Foi realizada a leitura inicial da atividade de água de cada amostra e, o conjunto (cápsula+amostra) foi colocado em ambiente saturado para o processo de adsorção. Em intervalos regulares, cada conjunto (cápsula+amostra) foi levado ao equipamento Novasina para a leitura da atividade da água nas temperaturas de 15 °C, 30 °C, e 45 °C, onde permaneceram até estabilização das leituras. Após a leitura da atividade de

água, o conjunto (cápsula+amostra) foi retirado do equipamento, pesado em uma balança analítica e retornado para o ambiente saturado.

A sucessão dessas leituras indica os pontos da curva da isoterma de adsorção da folha do noni desidratada.

Posteriormente à determinação desses pontos, as amostras foram levadas à estufa sem circulação de ar, a 105 °C por 24 horas, para determinação da umidade em base seca da amostra (IAL, 2008).

### 2.3 MODELAGEM MATEMÁTICA

O ajuste matemático dos dados experimentais das isotermas de adsorção da umidade dos pós da folha do noni foi realizado utilizando os modelos de BET (Brunauer, Emmet e Teller), GAB (Guggenheim, Anderson e de Boer) e Oswin, fazendo-se uso de regressão não linear pelo método de Gauss-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA 7.0 para determinar os parâmetros dos modelos, onde foram considerados os valores do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e a soma quadrática residual (SQR).

No Quadro 1 são mostrados os modelos matemáticos utilizados para estimar as isotermas de adsorção do pó da folha do noni.

Quadro 1 – Modelos matemáticos utilizados para o ajuste matemáticos das isotermas de adsorção de umidade do pó da folha do noni.

Modelos	Equações	Referências
BET	$X_{eq} = \frac{(X_m C a_w) [1 - (n + 1) a_w^n + n a_w^{n+1}]}{(1 - a_w) [1 + (C - 1) a_w - C a_w^{n+1}]}$	BRUNAUER, EMMETT e TELLER (1938)
GAB	$X_{eq} = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$	MAROULIS, TSAMI e MARINOS-KOURIS (1988)
Oswin	$X_{eq} = a \left[ \frac{a_w}{(1 - a_w)} \right]^b$	CHINNAN e BEAUCHAT, (1985)

Fonte: Adaptado de Pilatti (2013)

em que,

$C, a, b$  = Constantes;

$a_w$  = Atividade de água;

$X_{eq}$  = Conteúdo de umidade em base seca;

$X_m$  = Conteúdo de umidade da monocamada em base seca.

## 2.4 CALOR ISOSTÉRICO

Para melhor compreensão do comportamento da fase adsorvida com a variação da temperatura, bem como a afinidade entre adsorvato e adsorvente determinou-se o calor isostérico integral ( $Q_{st}$ ), que representa a energia necessária para dessorver a água de um alimento, descrevendo a atividade de água desse último e relacionando-a a um teor de temperatura e umidade constantes. Para este cálculo utilizou-se o modelo matemático que melhor previu as isotermas de adsorção de umidade do pó das folhas do noni para a determinação dos valores da atividade de água, para que, através da equação de Clausius-Clapeyron (Equação 1), o coeficiente angular obtido ao representar graficamente  $\ln(a_w)$  em função de  $1/T$  para cada uma das umidades de equilíbrio obtidas experimentalmente fossem multiplicados pela constante universal dos gases perfeitos,  $R = 8,31$  (kJ/kmol K). Como resultado, obteve-se o calor isostérico líquido de sorção que foi utilizado na Equação (2) para obtenção do calor isostérico integral que considera o calor latente de vaporização da água (DAMODARAN; PARKIN, 2019; TEIXEIRA et al., 2015; TEIXEIRA; ANDRADE; DEVILLA, 2014; RIBEIRO et al., 2020; TSAMI, 1991).

$$\frac{d(\ln a_w)}{d\left(\frac{1}{T}\right)} = -\frac{Q_{st,n}}{R} \quad (1)$$

e

$$Q_{st,n} = Q_{st} - \Delta H_{vap} \quad (2)$$

em que

$a_w$  = atividade de água

$T$  = temperatura (K)

$Q_{st,n}$  = é o calor isostérico líquido de sorção (KJ/Kg)

$R$  é a constante dos gases (8,314J/mol/K)

$Q_{st,n}$  = calor isostérico líquido de sorção (KJ/Kg)

$Q_{st}$  = calor isostérico integral (KJ/Kg)

$\Delta H_{vap}$  = calor latente de vaporização da água (kJ/mol de água),

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros dos modelos de GAB, BET e Oswin ajustados aos dados das isotermas de adsorção de umidade a 15, 30 e 45 °C, do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos BET, GAB e Oswin, ajustados às isotermas de adsorção de água dos pós da folha do noni obtidos em diferentes temperaturas, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e soma quadrática residual.

Modelos	Temperatura de Secagem (°C)	Parâmetros	Temperatura da Isoterma (°C)		
			15	30	45
BET	50	Xm	0,0758	0,0511	0,112
		C	0,393	0,849	0,209
		n	409	381	16,8
		R <sup>2</sup>	0,996	0,996	0,996
		SQR	0,000108	0,000575	0,000137
	60	Xm	0,001	10,1	0,001
		C	0,001	0,00147	0,001
		n	0,001	12,5	0,001
		R <sup>2</sup>	0	0,999	0
		SQR	0,0358	0,0000390	0,0167
	70	Xm	4,54	0,001	0,001
		C	0,00467	0,001	0,001
		n	9,12	0,001	0,001
		R <sup>2</sup>	0,999	0	0
		SQR	0,0000350	0,0164	0,0567
GAB	50	Xm	0,168	0,198	0,001
		C	0,000160	0,000217	0,001
		n	1,518	1,52	0,001
		R <sup>2</sup>	0	0	0
		SQR	0,0215	0,102	0,0371
	60	Xm	0,00100	2,83	1,44
		C	0,00100	0,00891	0,0310
		n	0,00100	0,893	0,799
		R <sup>2</sup>	0	0,998	0,994
		SQR	0,0358	0,0000760	0,000086
	70	Xm	0,00100	0,00100	0,00100
		C	0,00100	0,00100	0,00100

		n	0,00100	0,00100	0,00100
		R <sup>2</sup>	0	0	0
		SQR	0,0318	0,0164	0,0567
		a	0,0435	0,0487	0,0558
	50	b	1,20	1,01	0,873
		R <sup>2</sup>	0,995	0,995	0,991
		SQR	0,000109	0,000547	0,000312
		a	0,0443	0,0439	0,0520
	60	b	1,07	1,09	0,979
OSWIN		R <sup>2</sup>	0,998	0,995	0,987
		SQR	0,0000930	0,000197	0,000167
		a	0,0514	0,0525	0,0573
	70	b	1,00	1,10	0,756
		R <sup>2</sup>	0,997	0,909	0,996
		SQR	0,0001	0,000775	0,000304

Fonte: Autoria própria

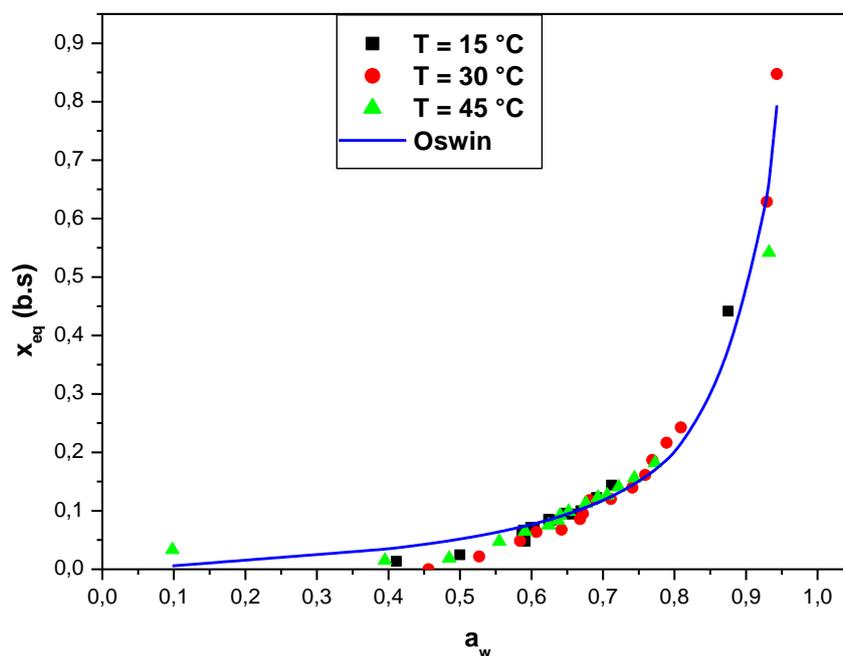
Para selecionar o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade, foram observados os valores do SQR e o R<sup>2</sup>. O SQR é a soma de quadrados devida aos erros de ajustamento definido por Rodrigues e lemma (2014) como um estimador não tendencioso da variância populacional dos erros. O R<sup>2</sup> irá variar de 0 a 1 sendo que, quanto mais próximo de 1, maior será o poder de explicação ou ajuste do modelo. Entre SQR e R<sup>2</sup> existe uma correlação matemática uma vez que R<sup>2</sup> nunca decresce enquanto SQR nunca aumenta quando adicionada uma nova variável explicativa na regressão, inferindo-se, portanto que quanto mais próximo de 1 for o valor de R<sup>2</sup> combinado com valores mais baixos de SQR, melhor é o ajuste do modelo aos dados experimentais (CHEIN, 2019).

Dentre os modelos avaliados, o modelo de Oswin apresentou o melhor ajuste, considerando que todos os coeficientes foram significativos nas três temperaturas estudadas, confirmando a relação entre a variável dependente (atividade de água) e a variável independente (teor de umidade) ao nível confiança de 95% (5% de significância), sendo o coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>) maior do que 0,90 e soma quadrática residual (SQR) próximo à zero, o que indica, portanto, ser o modelo recomendado na estimativa das isotermas dos pós da folha do noni.

No presente estudo, os parâmetros  $a$  e  $b$ , descritos por Costa et al. (2021) como os parâmetros obtidos pela regressão não-linear, do modelo de Oswin, modelo empírico baseado na expansão matemática de curvas com formato sigmoidal, são valores bem próximos uns aos outros nas diferentes temperaturas de secagem utilizadas na obtenção dos pós, bem como nas diferentes temperaturas do processo de adsorção, indicando, mais uma vez, que a temperatura utilizada em ambos os processos não exerce influência significativa.

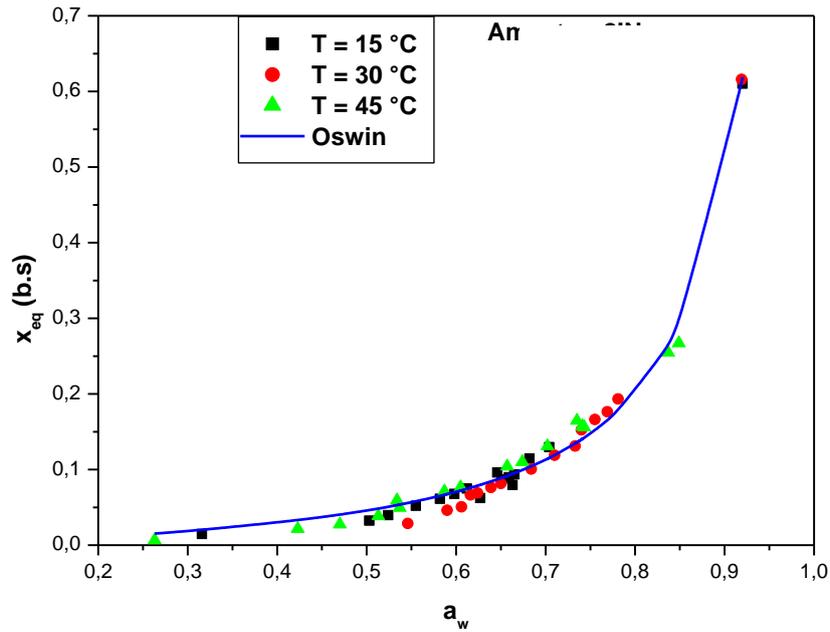
Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentados os gráficos que descrevem o comportamento das isotermas de adsorção com os ajustes do modelo matemático de Oswin cujos coeficientes são estatisticamente significativos nas temperaturas de secagem para obtenção dos pós de 50, 60 e 70 °C, respectivamente, nas condições estudadas de temperatura do processo de adsorção de 15, 30 e 45 °C.

Figura 1 - Isotermas de adsorção do pó da folha do noni, obtidas através da secagem em camada de espuma com temperatura de 50 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin nas temperaturas de 15 °, 30 e 45 °C.



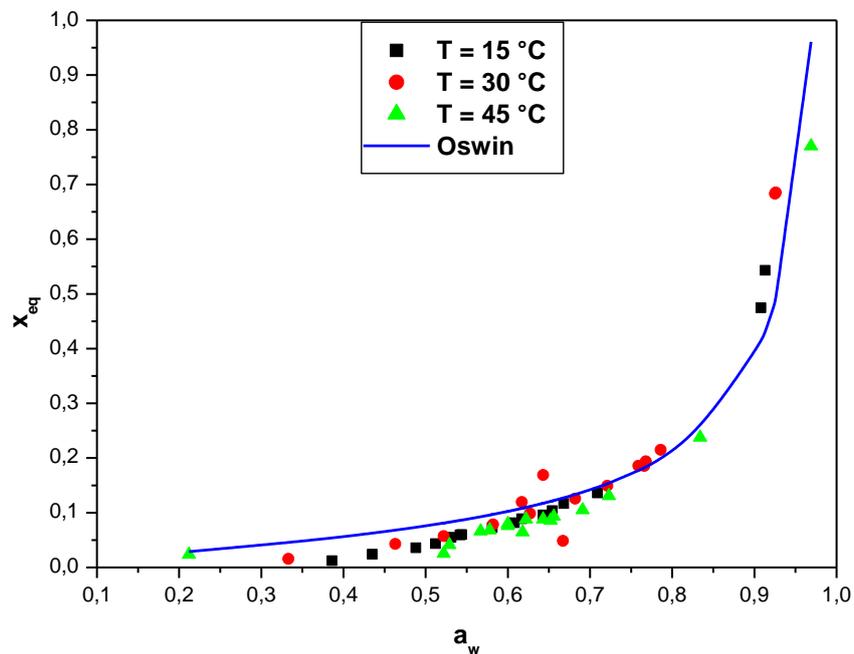
Fonte: Autoria própria

Figura 2 - Isotermas de adsorção do pó da folha do noni, obtidas através da secagem em camada de espuma com temperatura de 60 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin nas temperaturas de 15 °, 30 e 45 °C.



Fonte: Autoria própria

Figura 3 - Isothermas de adsorção do pó da folha do noni, obtidas através da secagem em camada de espuma com temperatura de 70 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin nas temperaturas de 15 °, 30 e 45 °C.



Fonte: Autoria própria

Dos dados obtidos, é possível inferir que à medida que a água foi adicionada às amostras previamente desidratadas (adsorção), a composição movimentou-se gradualmente da zona I (seca) para a zona III (de alta umidade)

em todas as temperaturas do processo de adsorção o que caracteriza um material extremamente higroscópico, com atividade de água que varia entre 0,098 a 0,969, sendo, conforme Damodaran (2010), a faixa de atividade de água que permite o crescimento microbiano compreendida entre 0,60 a 1. O autor ainda afirma que, para que as propriedades desejáveis não sejam perdidas, o valor máximo tolerável de atividade de água em materiais secos está entre 0,35 e 0,5, o que demanda a conservação do produto em condições de baixa umidade a fim de que não haja absorção excessiva de umidade já que os dados indicam que ele não está isento de multiplicação microbiana quando colocado em ambiente úmido. A medida possibilitará, por sua vez, conservá-lo por mais tempo.

Outrossim, é possível perceber que a variação da umidade de equilíbrio é mínima para pontos muito próximos de atividades de água dos diferentes experimentos, demonstrando que, independente das condições de temperatura, quantidade de agente espumante e tempo de agitação para a obtenção dos pós, o comportamento das isotermas manteve-se, considerando que a massa de sólido seco obtida nas três diferentes condições utilizada para calcular a umidade do material em base seca não apresentou discrepâncias. Infere-se, portanto, que a quantidade de agente emulsionante, temperatura de secagem e tempo de agitação não exerce influência significativa no resultado.

A escolha das temperaturas para a predição das isotermas é realizada levando-se em consideração as condições do ambiente cujo produto será submetido durante o período de armazenamento ou comercialização. Dentre os dados ajustados, os dados do pó seco a 60 °C foi melhor ajustado pelo modelo Oswin na temperatura de adsorção de 15 °C, apresentando  $R^2 = 0,997716$  e  $SQR = 0,000093$ .

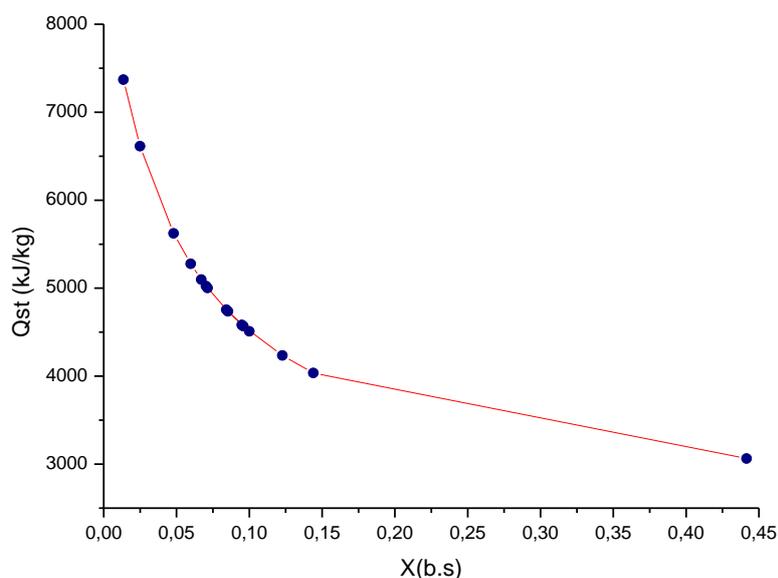
O comportamento das isotermas de forma sigmoideal descritas pela interação entre o adsorvente-adsorbato serem mais fracas quando comparadas às interações adsorbato-adsorbato, características de curvas do tipo III, seguindo a classificação da IUPAC (1982), observado nesta pesquisa é similar ao reportado por Batista et al. (2020) que realizaram um estudo sobre as isotermas de dessorção das espumas da polpa do noni e, como neste trabalho, identificaram que o modelo de Oswin melhor se ajustou, apesar da histerese, fenômeno que descreve o fato de uma isoterma desenvolvida a partir da adição

de água (adsorção) a amostras secas não se sobrepõem à isoterma preparada por dessorção. Em contrapartida, Araújo (2018) identificou que o modelo GAB apresentou melhor ajuste para as isotermas de adsorção da polpa do noni e umbu, comportamento que pode ser explicado devido às particularidades do umbu (incluindo distribuição de massa molecular e características hidrofílicas/hidrofóbicas dos solutos), pré-tratamento e metodologia empregados (DAMODARAN, 2010).

### 3.2 CALOR ISOSTÉRICO

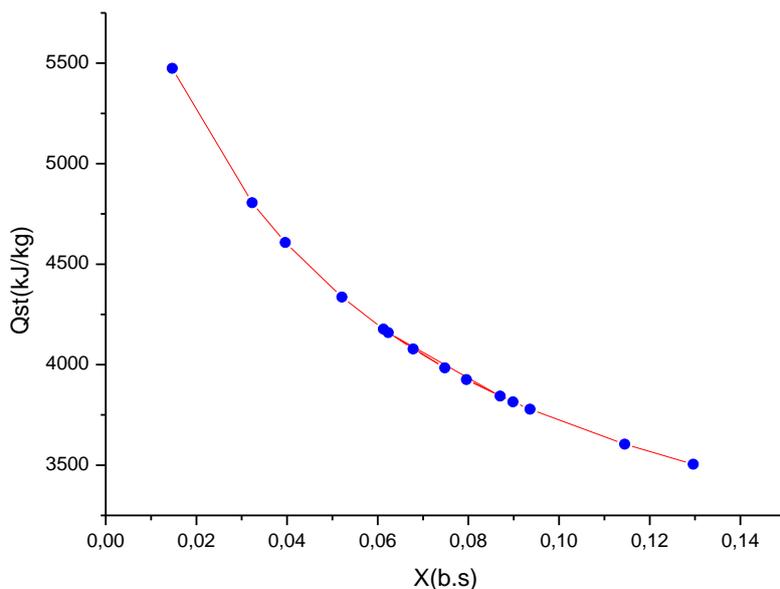
Nas Figuras 4, 5 e 6 estão representados o comportamento do calor isotérmico em relação ao teor de umidade de equilíbrio do pó da folha do noni obtido nas diferentes condições do estudo.

Figura 4 - Variação do calor isostérico integral com diferentes teores de umidade do pó da folha do noni obtido através da secagem em camada de espuma com temperatura de 50 °C.



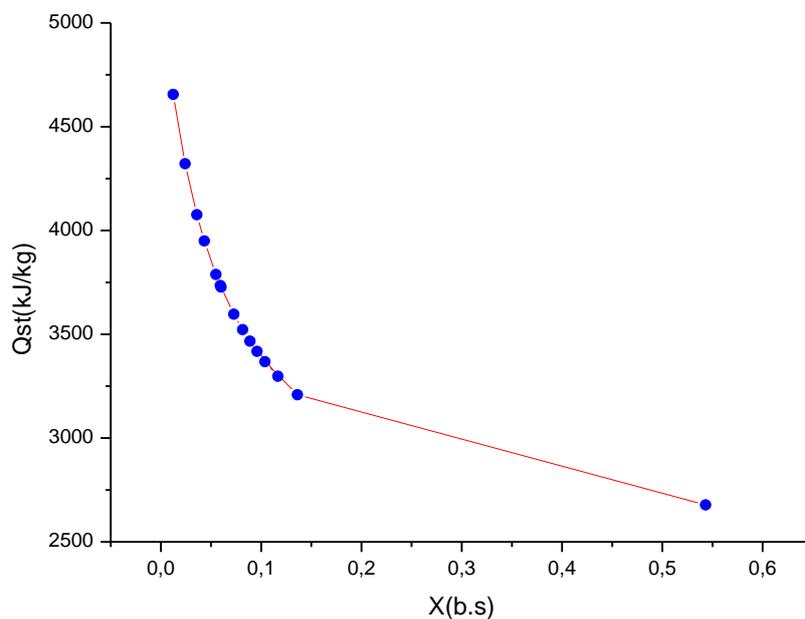
Fonte: Autoria própria

Figura 5 - Variação do calor isostérico integral com diferentes teores de umidade do pó da folha do noni obtido através da secagem em camada de espuma com temperatura de 60 °C.



Fonte: Autoria própria

Figura 6 - Variação do calor isostérico integral com diferentes teores de umidade do pó da folha do noni obtido através da secagem em camada de espuma com temperatura de 70 °C.



Fonte: Autoria própria

Observa-se que, à medida que a umidade aumenta, a energia necessária para dessorver a água do pó diminui. Comportamento similar foi identificado por Teixeira et al. (2015) no estudo sobre a higroscopicidade e calor isostérico do bagaço da cana-de-açúcar, bem como por Teixeira, Andrade e

Devilla (2014) na observação do calor isostérico das sementes de abóbora. Teixeira et al. (2014) relacionaram o fato à espontaneidade do processo, uma vez que a água disponível em níveis maiores de umidade demanda uma quantidade menor de energia para a sua remoção. Ribeiro et al. (2020) observaram o mesmo processo no estudo do comportamento higroscópico de suco misto de acerola e seriguela em pó armazenado.

Os valores do calor isostérico para cada teor de umidade, com os seus respectivos valores dos coeficientes de inclinação da reta, multiplicado pela constante universal dos gases estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Aplicação do logaritmo neperiano nos valores de atividade de água obtidos por meio do modelo de Oswin e respectivos valores de inclinação da reta obtido no gráfico  $\ln(a_w) \times 1/T$ , calor isostérico líquido e calor isostérico integral para os pós da folha do noni obtidos em diferentes condições de temperatura.

Temperatura de Secagem (°C)	LN( $a_w$ )			Inclinação da reta	Qst líquido (kJ/kg)	Qst Integral (kJ/kg)
	T (K)					
	288	303	318			
50	-1,44	-1,52	-1,63	594	4940	7370
	-1,011	-1,08	-1,17	503	4183	6613
	-0,645	-0,700	-0,771	383	3192	5622
	-0,547	-0,596	-0,659	342	2847	5277
	-0,500	-0,546	-0,605	320	2668	5098
	-0,476	-0,520	-0,577	309	2572	5002
	-0,481	-0,526	-0,584	312	2594	5024
	-0,412	-0,452	-0,503	277	2306	4736
	-0,374	-0,411	-0,458	257	2138	4567
	-0,361	-0,397	-0,443	250	2079	4509
	-0,416	-0,456	-0,508	279	2325	4755
	-0,377	-0,414	-0,462	259	2153	4583
	-0,303	-0,334	-0,375	217	1805	4235
-0,264	-0,291	-0,327	193	1606	4036	
-0,0939	-0,105	-0,119	76,1	633,0	3062	
60	-1,39	-1,38	-1,514	366	3044	5474
	-0,863	-0,858	-0,959	285	2375	4805
	-0,751	-0,746	-0,838	261	2177	4607
	-0,615	-0,612	-0,692	229	1906	4336
	-0,544	-0,541	-0,614	210	1746	4176
	-0,503	-0,500	-0,569	198	1648	4077
	-0,465	-0,462	-0,528	186	1554	3983
	-0,537	-0,534	-0,606	208	1729	4159
	-0,412	-0,409	-0,468	170	1413	3843

	-0,443	-0,440	-0,503	179	1496	3925
	-0,401	-0,398	-0,457	166	1384	3814
	-0,388	-0,385	-0,442	162	1348	3778
	-0,327	-0,325	-0,374	141	1174	3604
	-0,294	-0,292	-0,337	129	1075	3504
	-0,379	-0,376	-0,432	1559	12964	15393
	-1,64	-1,66	-1,73	267	2225	4655
	-1,14	-1,15	-1,22	227	1891	4321
	-0,889	-0,902	-0,955	197	1645	4075
	-0,782	-0,793	-0,842	182	1519	3949
	-0,660	-0,670	-0,714	163	1358	3787
	-0,618	-0,628	-0,670	156	1297	3727
	-0,624	-0,633	-0,676	157	1305	3735
70	-0,534	-0,542	-0,580	140	1167	3596
	-0,489	-0,497	-0,532	131	1092	3522
	-0,429	-0,436	-0,468	118	987	3417
	-0,457	-0,464	-0,498	124	1036	3466
	-0,365	-0,372	-0,400	104	868	3297
	-0,402	-0,409	-0,439	112	938	3368
	-0,320	-0,326	-0,351	93,7	779	3209
	-0,0905	-0,0923	-0,100	29,9	248	2678

Fonte: Autoria própria

É possível observar ainda que os pós obtidos nas condições de temperatura mais altas, em valores próximos de umidade de equilíbrio, demandam uma energia ainda menor para dessorção da água. Resultados semelhantes são obtidos no estudo de Santos et al. (2020) sobre a cinética de secagem e as propriedades termodinâmicas de fatias de banana maçã ao identificar que a entalpia ( $\Delta H$ ) reduziu com o aumento da temperatura, justificando que os menores valores de entalpia indicam menor energia necessária para remover a água livre do produto durante a secagem uma vez que um menor valor de entalpia para temperaturas altas de secagem demanda quantidade inferior de energia para que a secagem ocorra em temperaturas mais altas.

#### 4 CONCLUSÃO

Os pós da folha do noni obtido por secagem em camada de espuma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C apresentaram alta higroscopicidade, apresentando atividade de água ( $A_w$ ) que variou de 0,098 a 0,969. Os resultados apresentados indicam que o material exposto à ambiente úmido absorve muita

umidade em um curto espaço de tempo, havendo a necessidade de armazenamento em locais de baixa umidade para que seja conservado por mais tempo.

O modelo de Oswin apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais. Na condição central, ou seja, do pó seco a 60 °C, o modelo Oswin melhor descreveu a isoterma de adsorção de umidade do pó apresentando um excelente ajuste aos dados experimentais, na temperatura de adsorção de 15 °C, com  $R^2 = 0,997716$  e  $SQR = 0,000093$ .

As isotermas foram classificadas como sendo do Tipo III.

A energia necessária para a remoção de água presente no pó da folha do noni decresce com o aumento da umidade de equilíbrio, indicando que, quanto maior a atividade de água, menor a energia necessária para o processo devido a espontaneidade do mesmo.

## REFERENCIAS

ARAÚJO, K. T. A. **Propriedades termofísicas e secagem da polpa de noni e umbu**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola): — Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018

BATISTA, P. A. et al. Estudo das isotermas de dessorção das espumas da polpa do noni (*Morinda Citrifolia* L.) / A study of the Desorption Isotherms of Noni (*Morinda Citrifolia* L.) Foam Pulp. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 55222–55239.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Vigilância Sanitária Estadual alerta sobre os riscos do consumo da planta Noni**. 2015. Disponível em: <<https://www.saude.ms.gov.br/vigilancia-sanitaria-estadual-alerta-sobre-os-riscos-do-consumo-da-planta-noni/>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CERPES. Sistema Único de Saúde. **Roda de Conversa sobre Plantas Medicinais**. 2019. Disponível em: <<https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/1118391/FOLHETONONI.pdf/f9db0cbf-17f7-68c2-a142-de0e0760afc1?t=1652136745880>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

CHEIN, F. **Introdução aos modelos de regressão linear: um passo inicial para compreensão da econometria como uma ferramenta de avaliação de políticas públicas ENAP BRASÍLIA**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4788/1/Livro\\_Regress%C3%A3o%20Linear.pdf](https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4788/1/Livro_Regress%C3%A3o%20Linear.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2023.

CHINNAN, M. S.; BEAUCHAT, L. R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.18, p.83-88, 1985.

CHINAZA, G. A. Plants, phytochemicals, and natural practices in complementary and alternative system of medicine for treatment of central nervous system disorders. **International Journal of Food Properties**, v. 26, n. 1, p. 1190–1213, 2023.

COSTA, N. A. et al. Método dos mínimos quadrados com aplicações em engenharia. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2021.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema. 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2019. p. 64–67

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 900

IAL. Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**.1ª ed. Digital. São Paulo, 2008.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. **Pure and Applied Chemistry**, v. 54, n. 11, p. 2201–2218, 1982.

KUMAR, G. et al. Foam mat drying: recent advances on foam dynamics, mechanistic modeling and hybrid drying approach. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, p. 1–17, 5. 2022.

LIMA, A. C. F.; et al. **Processo de obtenção do pó da folha de noni**. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR 10 2019 020099 5. Depósito: 26 set. 2019.

LIMA, A. C. F.; et al. Secagem em camada de espuma da folha do noni (*Morinda citrifolia* L.). **Revista Observatorio de La Economia Latinoamericana**. v. 22, n.1, p. 345-370. 2024.

MAROULIS, Z. B.; et al. Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits, **Journal of Food Engineering**, v. 7, n. 1, p. 63-70. 1988.

MENEZES, L. S. D. **Secagem em leito de espuma (foam-mat drying) aplicada em alimentos: uma revisão**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36367/1/SecagemEmLeito.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MOREIRA, T. B.; et al. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093–1098, 2013.

OLENDER, A. **Tabelas Termodinâmicas**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7944165/mod\\_resource/content/1/Tabelas%20Termodin%C3%A2micas%20-%20USP.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7944165/mod_resource/content/1/Tabelas%20Termodin%C3%A2micas%20-%20USP.pdf)>. Acesso em: 3 set. 2023.

PILATTI, D. **Estudo da secagem de erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química): — Universidade Estadual do Oeste Do Paraná, Toledo, 2013.

RIBEIRO, C. M. C. M.; et al. Hygroscopic behavior of spray dried acerola and seriguela mixed juice powder stored. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 50, p. 109-119, 2020. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/3512>>. Acesso em: 19 Jan. 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2020v1n50p109-119>

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. Planejamento de experimentos e otimização de processos. 3. ed. [s.l.] Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e amor, 2014. p. 71

SAHU, C.; PATEL, S.; KHOKHAR, D. Sorption behavior and isosteric heat of maize-millet based protein enriched extruded product. **Heliyon**, v. 7, n. 4, 2021.

SANTOS, S. G. F.; et al. Cinética de secagem e propriedades termodinâmicas de fatias de banana maçã tropical (*Musa spp*). **Científica**, v. 49, n. 3, p. 113–113, 29 set. 2021.

SANSOMCHAI, P.; SROYNAK, R.; TIKAPUNYA, T. View of Powder Qualities of Foam-Mat Dried Mango. **Trends Sci.**, v. 20, n. 5, p. 6, 2023.

SILVA, A. B. S.; et al. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, 2021.

TEIXEIRA, L. P.; et al. Determinação do equilíbrio higroscópico e do calor isostérico do bagaço de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 555–566, 2015.

TEIXEIRA, L. P.; ANDRADE, E. T.; DEVILLA, I. A. calor isostérico, entropia e energia livre de gibbs -helmholtz dos grãos de abóbora (*cucurbita moschata*) **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014 - SBEA**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/R0572-2.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2023.

TSAMI, E. Net isosteric heat of sorption in dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 14, n. 4, p. 327–335, 1991.

## INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA FOLHA DO NONI EM PÓ OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA.

### RESUMO

Estudos fitoquímicos mostram que as folhas do noni (*Morinda citrifolia* L.) contêm uma variedade de componentes químicos ligados a atividades antibactericida, antioxidante, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imunoestimulante. Contudo, as folhas *in natura* têm alta perecibilidade logo após a sua colheita. E uma das formas de conservação é a secagem em camada de espuma que possibilita a obtenção do material em pó. A análise termogravimétrica é muito utilizada na determinação da quantidade de umidade. Este trabalho teve como objetivo investigar a estabilidade térmica do pó da folha do noni obtido através de diferentes condições de processamento. O pó foi obtido nas condições experimentais: 1 (3 min de agitação, 3% de agente espumante e 50 °C); 2 (4 min de agitação, 4% de agente espumante e 60 °C) e 3 (5 min de agitação, 5% de agente espumante e 70 °C). A análise termogravimétrica foi realizada na faixa de temperatura de 30 a 600 °C e em atmosfera inerte para os pós obtidos sob as taxas de aquecimento de 10, 20 e 40 °C/min. Foram utilizados modelos matemáticos isoconversionais para ajustar a cinética de degradação. As amostras dos pós estudadas são termicamente instáveis havendo a perda de massa ao longo de todo o processo de aquecimento, onde foram observados três eventos característicos de perda de peso. Tendências similares de degradação foram observadas para os pós com diferentes condições de obtenção do pó da folha do noni, indicando que não há influência do tempo de agitação, do teor de agente espumante e/ou temperatura utilizados no processo de obtenção do pó. Os modelos utilizados se mostraram eficazes dos mecanismos de degradação, o que é observado a partir dos valores de  $R^2$  obtidos.

Palavras-chave: análise termogravimétrica; *Morinda citrifolia*; atmosfera inerte; modelos matemáticos isoconversionais

### INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta a flora mais rica do mundo, possuindo mais de 46.000 espécies vegetais conhecidas, o que representa mais de 20% de espécies do planeta (Giulietti et. al., 2005).). As plantas medicinais, plantas das quais pode-se obter chás alimentícios, chás medicinais e fitoterápicos, estão dentre as espécies vegetais que compõem a flora brasileira. No entanto, apesar dessa diversidade, há 359 fitoterápicos registrados no Brasil, cuja maioria é à base de espécies importadas, sendo nativas apenas 26,7% das espécies vegetais aprovadas como insumo farmacêutico (Carvalho et. al, 2018). Há, contudo, uma necessidade de o setor produtivo dedicar esforços para o desenvolvimento de novos produtos contendo plantas medicinais, valorizando especialmente a exploração

de espécies vegetais pela população brasileira (GIULIETTI et. al, 2005; CARVALHO et. al, 2018).

A *Morinda citrifolia* L., por sua vez, comumente conhecida como noni, é considerada um medicamento fitoterápico, com diversos fins terapêuticos devido a existência de mais de 200 substâncias fitoquímicas com propriedades bioativas como ácidos, álcoois, fenóis, sacarídeos, antraquinonas, carotenóides, ésteres, triterpenóides, flavonóides, glicosídeos, lactonas, iridóides, cetonas, lactonas, lignanas, nucleosídeos, triterpenóides, esteróis e compostos aromáticos. Os principais produtos industriais desta planta são bebidas (sucos), pós (de frutas secas), óleo (de sementes) e folhas em pó (KENGANORA e MANJULA, 2016; ALMEIDA, OLIVEIRA, e HOTZA, 2019). Serafini (2013) estudou o efeito fotoprotetor da *Morinda citrifolia* na pele e concluiu que o extrato exerceu uma proteção aos danos causados pela radiação ultravioleta. Bronzo e Santos (2018) realizaram uma análise fitoquímica do extrato da *Morinda citrifolia* objetivando averiguar o potencial citotóxico in vitro de 20 extratos em três linhagens de células tumorais e constataram a capacidade de inibição das células cancerígenas para os extratos. Soares et. al (2011) estudaram o efeito causado pela suplementação diária do suco do noni em órgãos-alvo de ratos diabéticos tipo I e identificaram uma diminuição dos danos causados pela nefropatia diabética.

A planta medicinal tem centenas ou milhares de substâncias singulares que agem no organismo na prevenção, tratamento ou até cura de doenças (Anvisa, 2022). Elas se deterioram em um curto espaço de tempo após serem colhidas devido à disponibilidade de água, havendo a necessidade de serem consumidas ou processadas rapidamente, comercializadas secas e embaladas (ANVISA, 2022; CANABARRO, 2019). Souza et. al (2006) relataram a redução de 98,3% da carga microbiana inicial de plantas vegetais após processamento.

Nesse contexto, a análise térmica é muito utilizada na determinação da quantidade de umidade. Em fármacos, por exemplo, a legislação determina que a quantidade de água não deve ser elevada e essa pode ser determinada com técnicas termoanalíticas que visam aquecer a amostra e observar quantitativamente e qualitativamente a perda de massa na temperatura de ebulição da água (DIAS et. al., 2016).

Este trabalho traz o estudo do comportamento do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma (foam-mat drying) em diferentes condições, submetido a diferentes programações térmicas a fim de se observar a sua estabilidade térmica e as temperaturas que provocam a perda de seus componentes. A associação de

diferentes técnicas nos possibilita, ainda, relacionar as perdas de massa a processos de degradação ou de ebulição.

Uma vez que uma amostra é aquecida, podem ocorrer mudanças químicas ou físicas em sua estrutura, dependendo se o calor térmico é menor ou maior que as energias de suas ligações, respectivamente. O calor removido ou provido a um material provoca mudanças que podem ser úteis e importantes, ou podem provocar deterioração e queima, não sendo desejável em outros casos. Por isso é importante entender as mudanças térmicas de determinados compostos, assim como os limites de temperatura aos quais podem ser submetidos sem que se comprometam as suas propriedades. O conhecimento das propriedades térmicas também pode levar à melhora dos processos de conservação e transporte. Em caso de decomposição é interessante saber quais são os produtos voláteis e os resíduos gerados, em relação à sua ação biológica ou ambiental (CAVALHEIRO, 2012).

A análise Termogravimétrica pode ser descrita como uma técnica termoanalítica que acompanha a variação da massa da amostra em função da programação da temperatura, enquanto a Termogravimetria Derivada (DTG) representa a derivada da variação da massa em relação ao tempo ( $dm/dt$ ) em função da temperatura. (DENARI e CAVALHEIRO, 2012).

## MATERIAL E MÉTODOS

### OBTENÇÃO DO PÓ DA FOLHA DA MORINDA CITRIFOLIA L.

As folhas da *Morinda citrifolia* L. foram obtidas no Campus I Universidade Federal da Paraíba em João Pessoa – PB (entre as Coordenadas Geográficas 07°08'03" e 07°08'58" de Latitude Sul e entre 34°50'13" e 34°51'06" de Longitude Oeste e altitude média de 33 metros), conduzidas ao laboratório de Termodinâmica da instituição, higienizadas e submetidas ao processo de secagem em camada de espuma. Um exemplar desta espécie foi submetido à identificação e registro no Herbário Lauro Pires Xavier da Universidade Federal da Paraíba havendo sido depositada exsicata sob número de voucher JPB 67033.

Para a higienização, as folhas foram lavadas com sabão neutro e água potável, imersas em solução de dois litros de água contendo 10 mL de hipoclorito de sódio, por 5 minutos e, depois, lavadas em água corrente.

Uma mistura foi preparada contendo 50 g de folhas com 150 mL de água destilada, processada em liquidificador industrial com capacidade de 2 litros de alta rotação da marca Metavisa e velocidade constante de 1800 rpm por três minutos.

O composto obtido foi misturado a 3%, 4% e 5% de emulsificante Portogel® e posteriormente batido em batedeira Planetária Deluxe da Arno em velocidade máxima e tempo de agitação de 3, 4 e 5 minutos respectivamente, a fim de se obter uma espuma estável devido à incapacidade de formação de espuma.

Como resultado, obteve-se uma espuma que foi colocada em bandejas com espessura fixa de 0,5 cm e colocadas em estufas de circulação de ar por 330, 210 e 120 minutos com temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

## TERMOGRAVIMETRIA

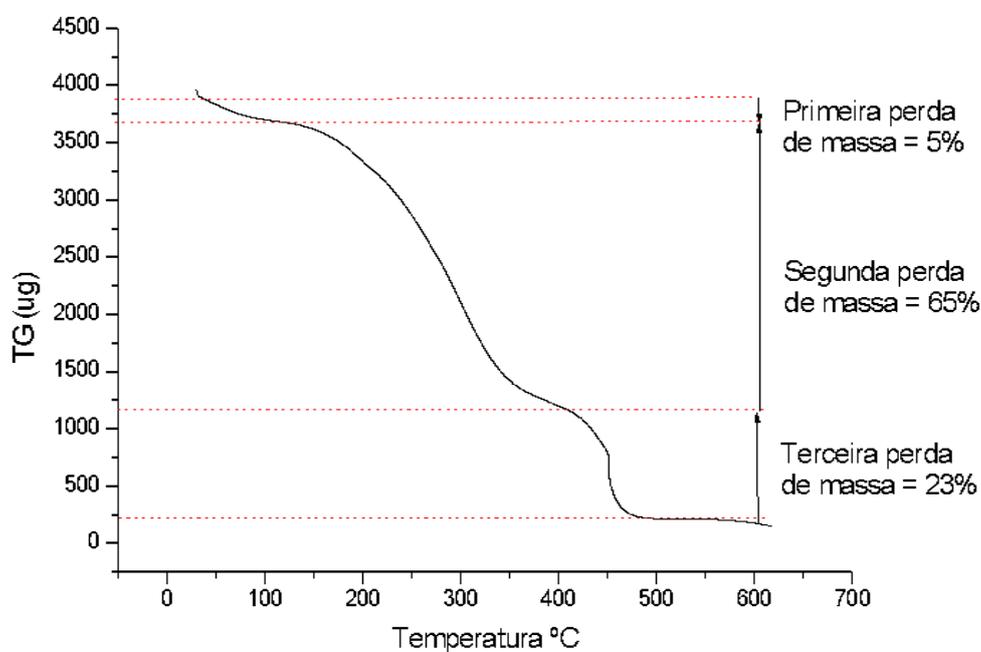
A degradação térmica dos espécimes de Noni foi investigada por análise termogravimétrica (TG) no equipamento STA7300 Hitachi (Tokyo, Japan). Amostras com massa de aproximadamente 4 mg foram inseridas em placas de platina e termociclado sob fluxo de gás nitrogênio de 50mL/min. As amostras foram aquecidas de 30 a 600°C, sob taxas de aquecimento de 10, 20 e 40°C/min.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

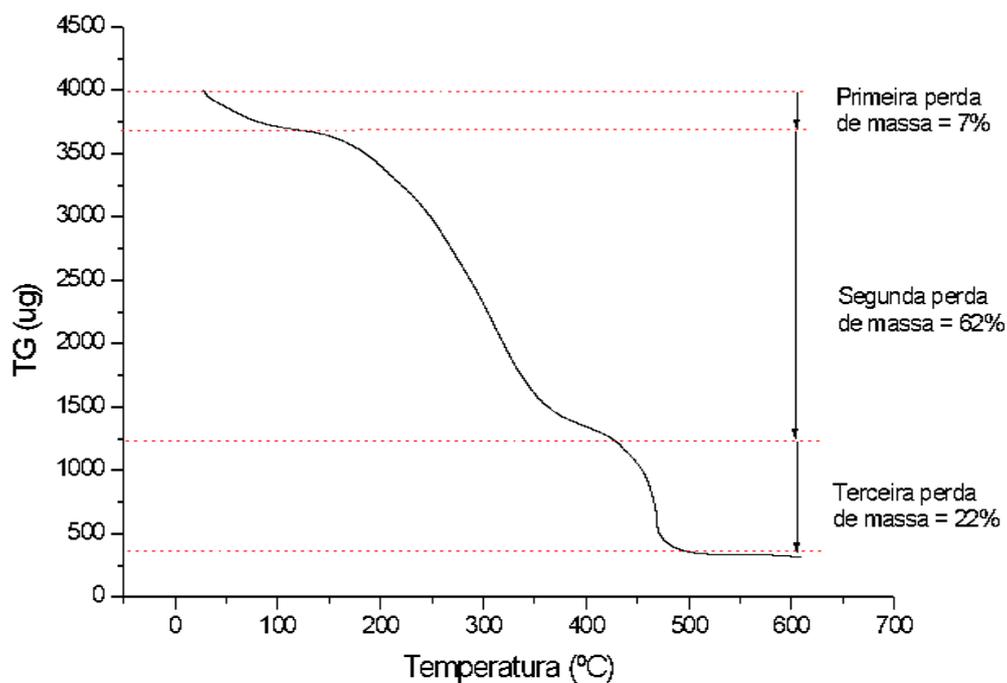
A análise térmica dos pós de noni resultou em uma perda progressiva de massa, como mostrado nas Figuras 1, 2 e 3 que representam a curva de Termogravimetria (TG) e permite observar a saída de cada componente da amostra proporcionada pela energia associada às suas respectivas temperaturas de degradação ou evaporação. Observa-se ainda que há o deslocamento da curva do termograma para a direita, a medida que eleva-se a taxa de aquecimento, como resultado do tempo que a amostra leva para alcançar a temperatura na qual está no forno. Segundo Dias et. al (2016) e Slopiecka et. al (2011), o tempo de atraso que as amostras levam para alcançar a temperatura do forno quando se eleva as taxas de aquecimento faz os componentes da amostra abandonem o cadinho instantes depois que a temperatura necessária para isso é alcançada. O que implica, graficamente, que essas perdas aparecem em temperaturas superiores.

O parâmetro taxa de aquecimento influencia a capacidade de constatar as perdas de massa existentes, uma vez que taxas de aquecimento elevadas tornam mais difícil a identificação da quantidade de compostos liberados devido ao grande número de perdas

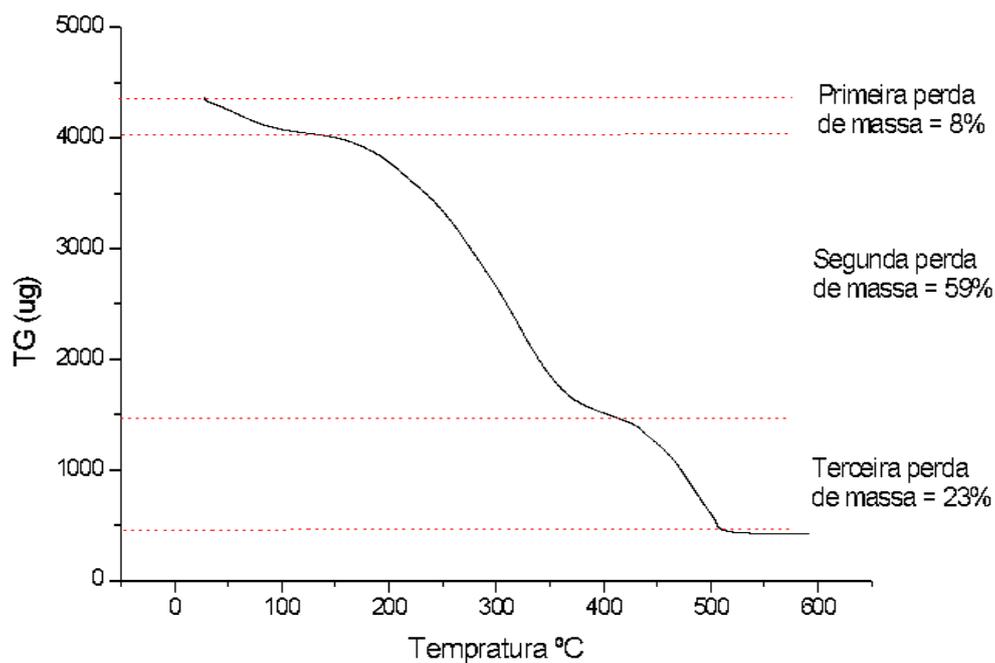
relacionadas à evaporações e/ou degradações em altas temperaturas em um minuto (DIAS et. al, 2016). Neste sentido, foi considerada uma taxa de aquecimento inferior, de 10°C/min, a fim de melhorar a separação entre as perdas, embora o tempo de análise tenha se elevado.



(a)

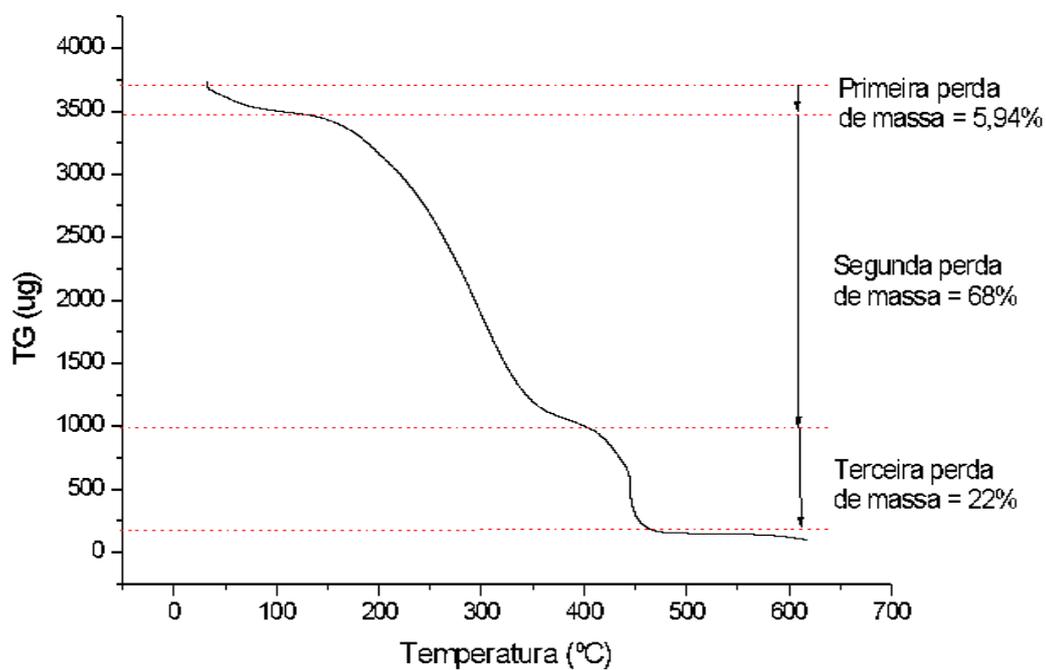


(b)

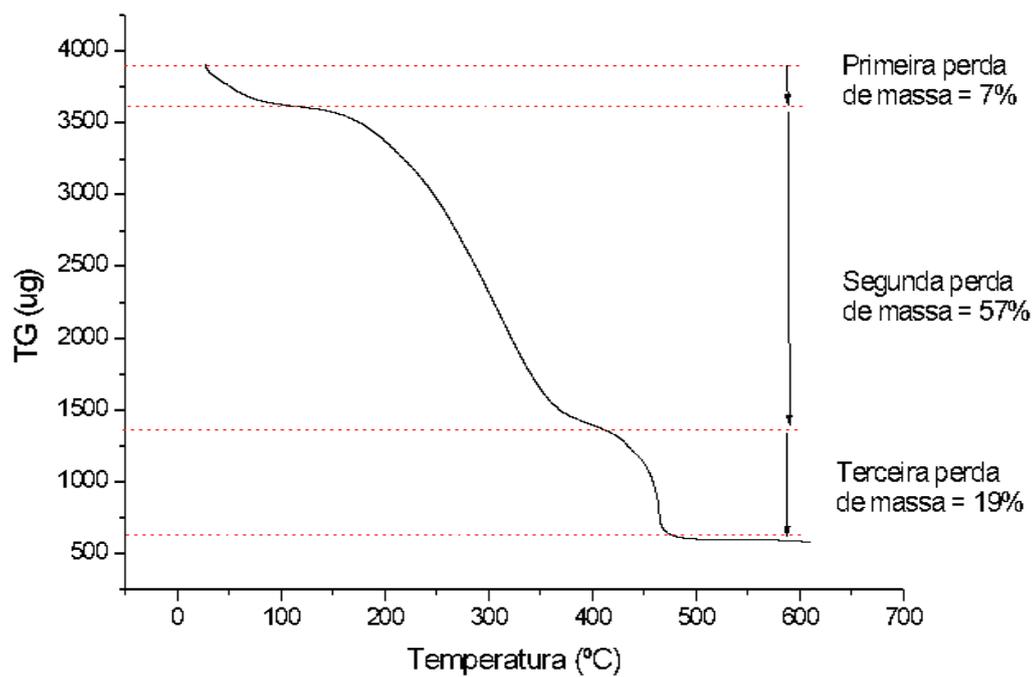


(c)

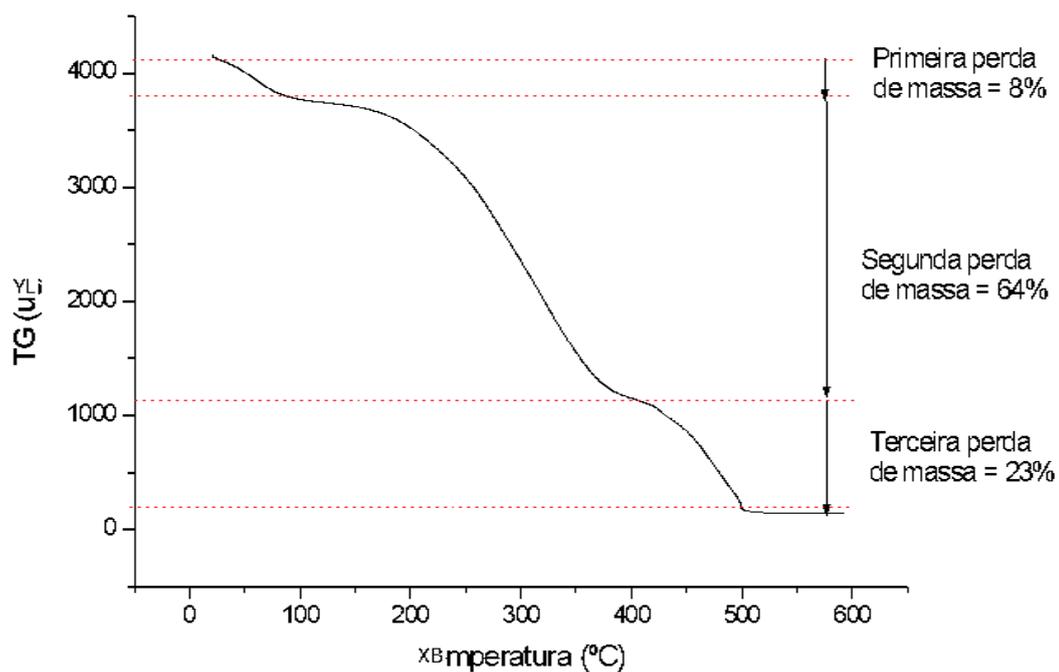
Figura 1 – Termograma da análise de TGA do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma na temperatura de 50 °C com taxa de aquecimento de 10 °C (a), 20 °C (b) e 40 °C/min (c) apresentando três perdas de massa com seus respectivos valores em percentual de massa.



(a)

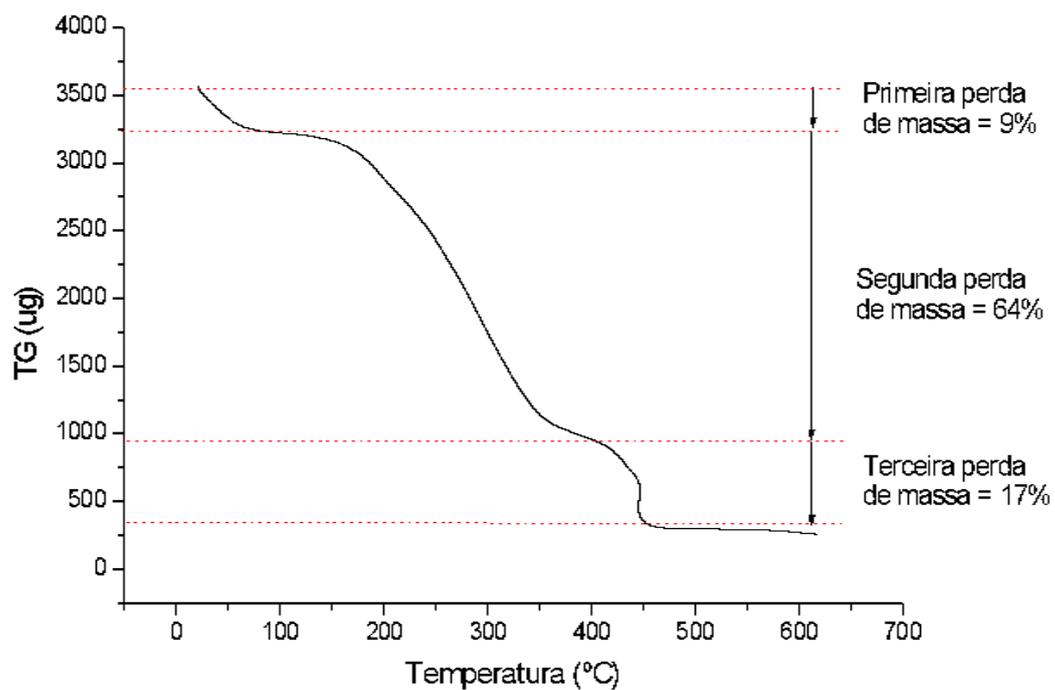


(b)

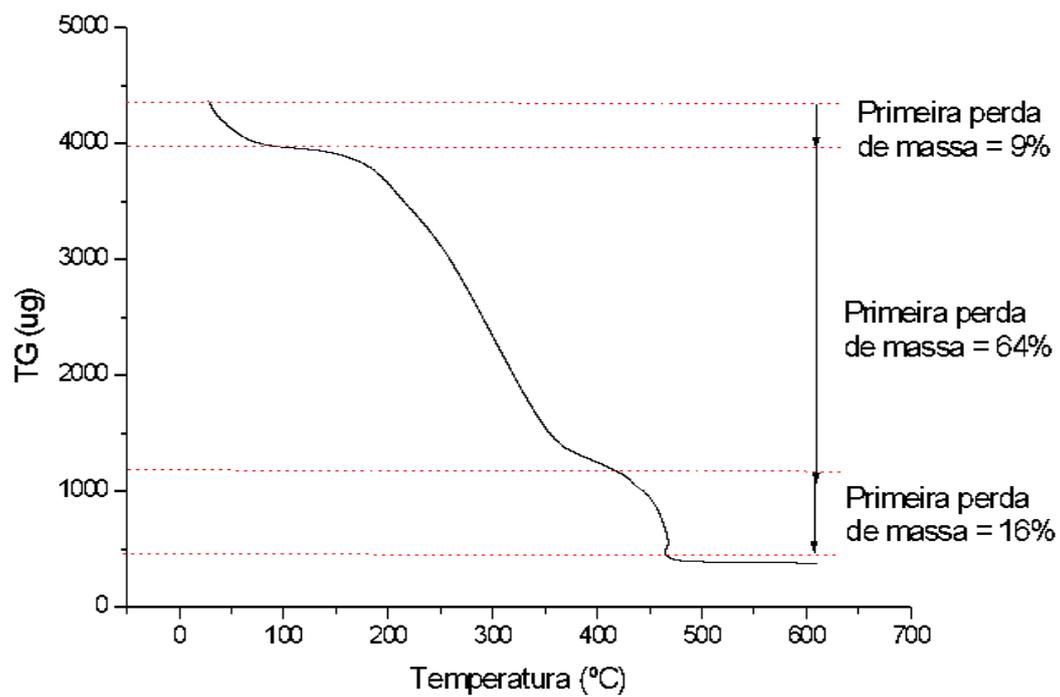


(c)

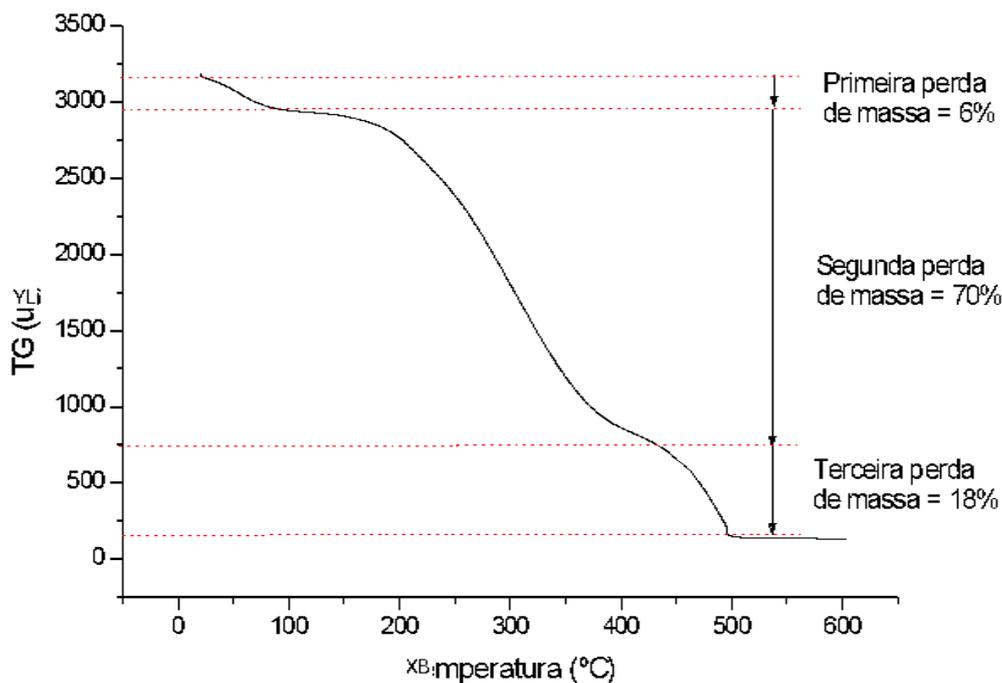
Figura 2 – Termograma da análise de TGA do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma na temperatura de 60 °C com taxa de aquecimento de 10 °C (a), 20 °C (b) e 40 °C/min (c) apresentando três perdas de massa com seus respectivos valores em percentual de massa.



(a)



(b)



(c)

Figura 3 – Termograma da análise de TGA do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma na temperatura de 70 °C com taxa de aquecimento de 10 °C (a), 20 °C (b) e 40 °C/min (c) apresentando três perdas de massa com seus respectivos valores em percentual de massa.

Três principais regiões de degradação do pó da folha do noni são observadas, sendo a primeira região observada em torno de 30 até 100 °C, a segunda região entre 100 e 400 °C e a terceira entre 400 e 500 °C. As faixas de temperatura de cada evento e respectivas perdas de massa nas três taxas de aquecimento podem ser observadas na Tabela 1 para cada uma das amostras estudadas. As primeiras perdas de massa estão associadas à presença de solventes na amostra que possuem temperaturas características de liberação no TGA semelhantes às suas temperaturas de ebulição. Uma vez que há interação química do solvente com a amostra, eles a deixam em uma temperatura superior à sua temperatura normal de ebulição (DIAS et. al 2016). Há, nesse sentido, uma grande possibilidade de que a primeira perda de massa seja relativa à evaporação da água presente na amostra devido à sua ocorrência na temperatura em torno de 100 °C, no entanto a confirmação dessa hipótese somente se dá se for utilizada uma técnica acoplada ao aparelho de TGA que informe alguma outra propriedade química da água. Analogamente, os dois eventos seguintes podem ser associados à evaporação de compostos orgânicos presentes no noni. Assi et al. (2017) traz em seu estudo sobre a atividade farmacológica do noni uma tabela com os constituintes das mais diversas partes da planta. Dentre os conitruíntes, estão os flavonoides e antraquinonas que têm

temperaturas de ebulição em torno de 182 e de 380°C respectivamente. No entanto, estudos mais aprofundados e análises acopladas à técnica de TGA são necessárias para confirmar esta sugestão.

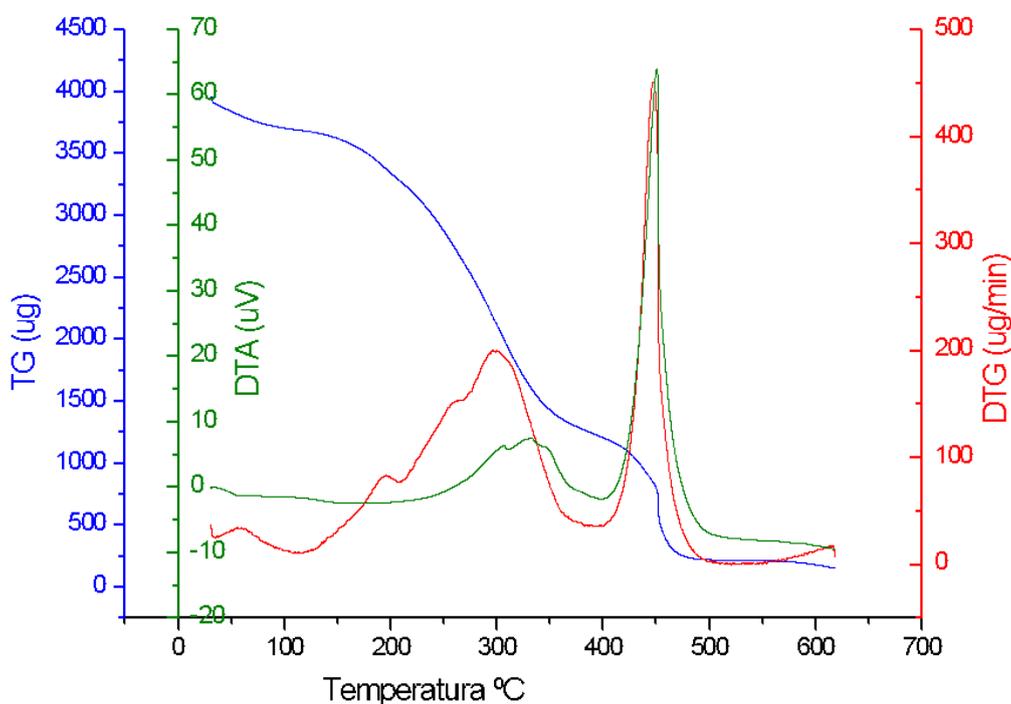
Tabela 1 - Faixas de temperatura e respectivas perdas de massa em três taxas de aquecimento do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

Temperatura de obtenção do pó °C	Taxa de Aquecimento (°C)	Faixa de Temperatura (°C)	Perda de massa (%)
50	10	33 -89	5
		89-412	65
		412-477	23
	20	30-109	7
		109-428	62
		428-494	22
	40	28-129	8
		129-416	59
		416-510	23
60	10	32-115	6
		115-404	68
		404-462	22
	20	27-100	7
		100-412	57
		412-477	19
	40	26-89	8
		89-408	64
		408-501	23
70	10	21-101	9
		101-407	64
		407-452	17
	20	30-101	9
		101-421	64
		421-466	16
	40	25-97	6
		97-434	70
		434-496	18

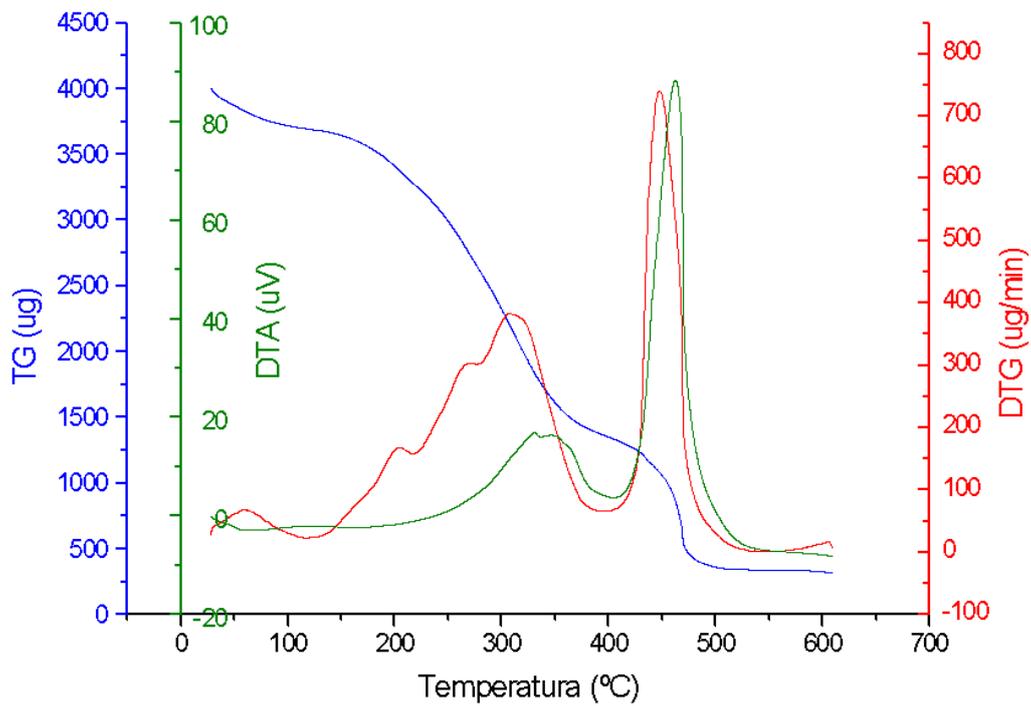
Utilizando a curva de derivada de perda de massa em função do tempo, é possível, ainda, visualizar quantos compostos são liberados durante o aquecimento. Já a curva DTA possibilita a verificação da diferença de temperatura entre a amostra e uma referência, sendo que o aumento da temperatura da amostra durante a perda de massa indica um evento exotérmico que implica em uma degradação. Por outro lado, a diminuição da

temperatura pode ser associada à processos endotérmicos proporcionados por, por exemplo, evaporações.

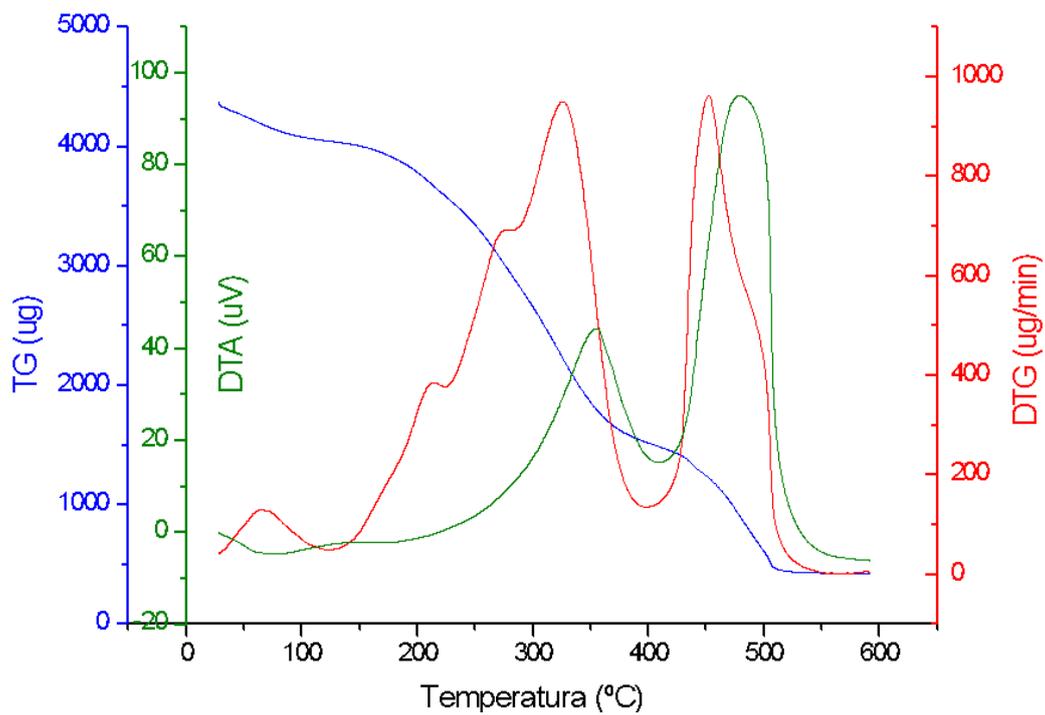
No termograma das Figuras 4, 5 e 6 são observados a diminuição da massa da amostra com o aumento da temperatura associada à liberação de compostos da matriz da amostra. Nesta curva, cada componente que deixou a amostra representa um degrau no termograma e cada componente que sai da amostra gera um pico que está associado a cada degrau de perda de massa (DIAS et al. 2016). Os picos largos da curva DTG representam os compostos com muita interação física ou química com a matriz da amostra enquanto os picos estreitos representam uma saída rápida do composto da amostra indicando poucas interações físicas ou químicas.



(a)

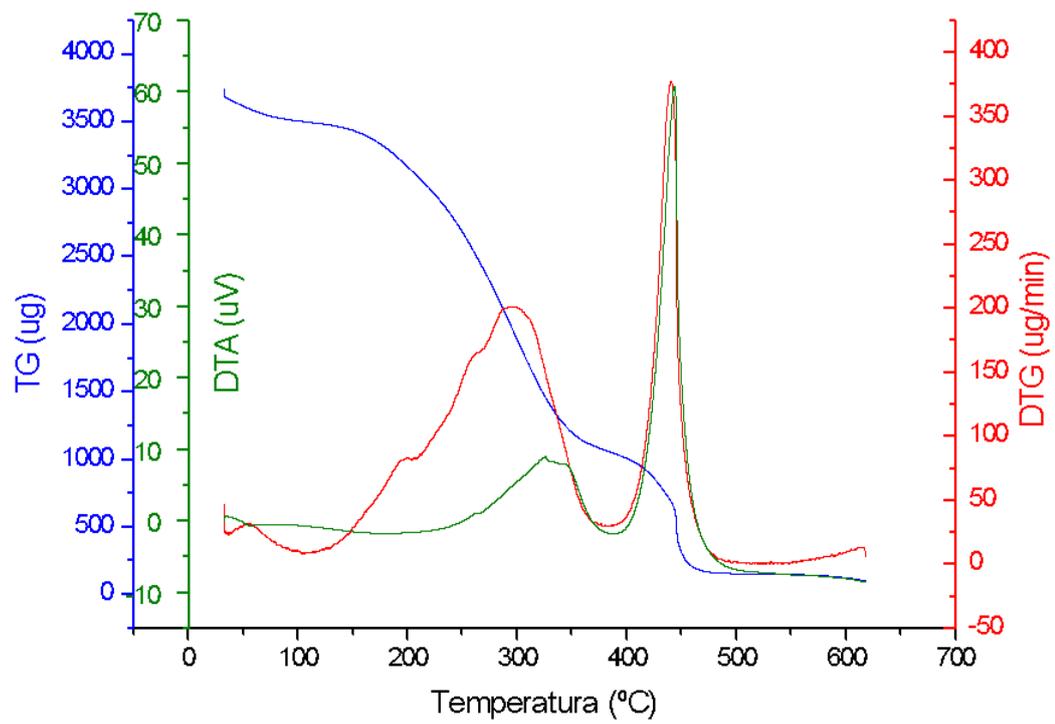


(b)

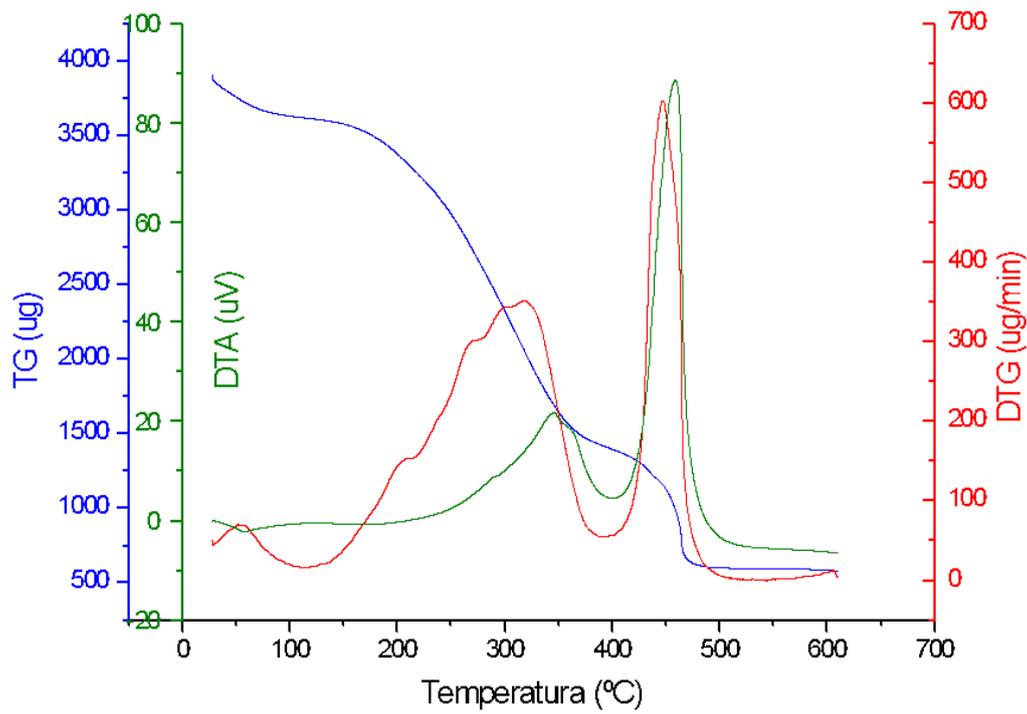


(c)

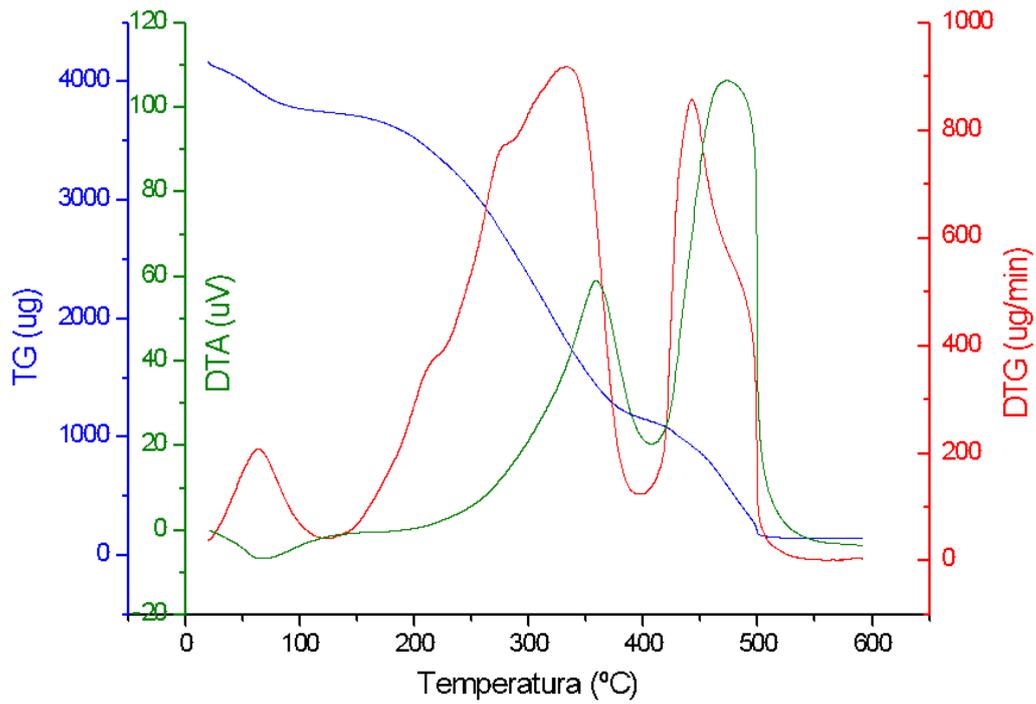
Figura 4 – Termograma da análise de TGA que apresenta a perda de massa do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma a 50 °C quando submetido à programação de térmica com taxa de aquecimento de 10 °C/min (a), 20 °C/min (b) e 40 °C/min (c).



(a)

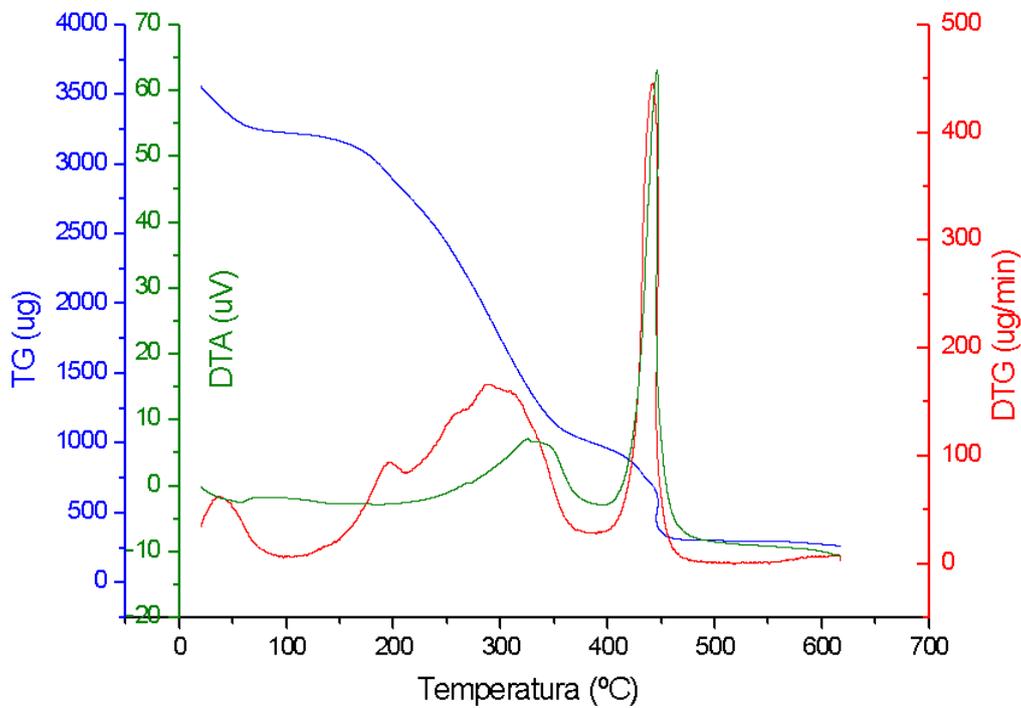


(b)

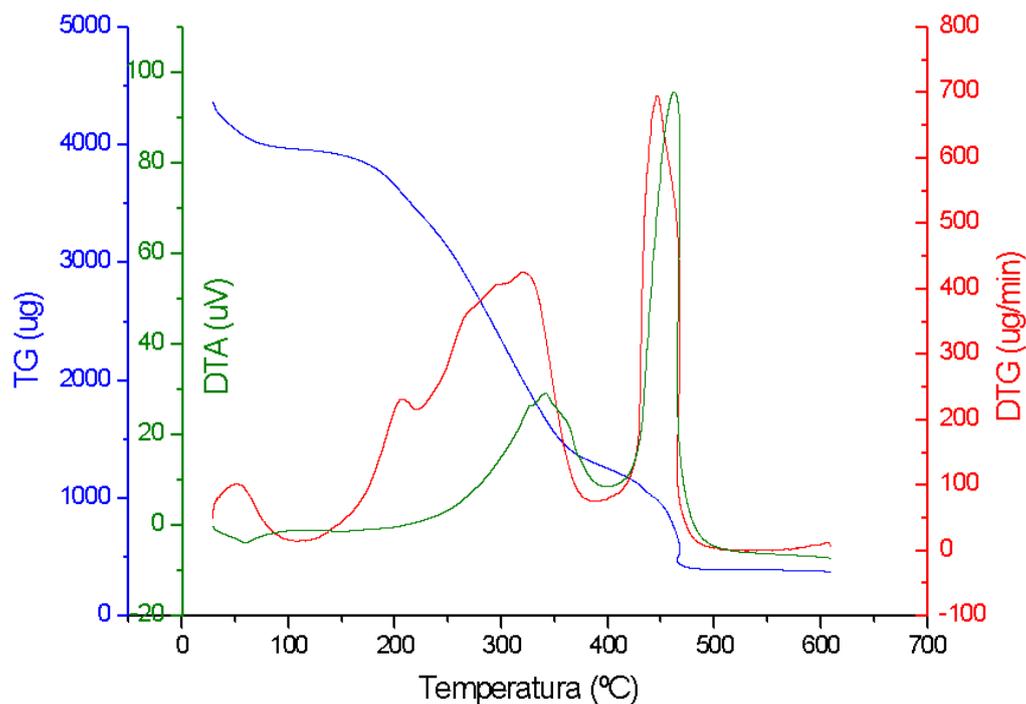


(c)

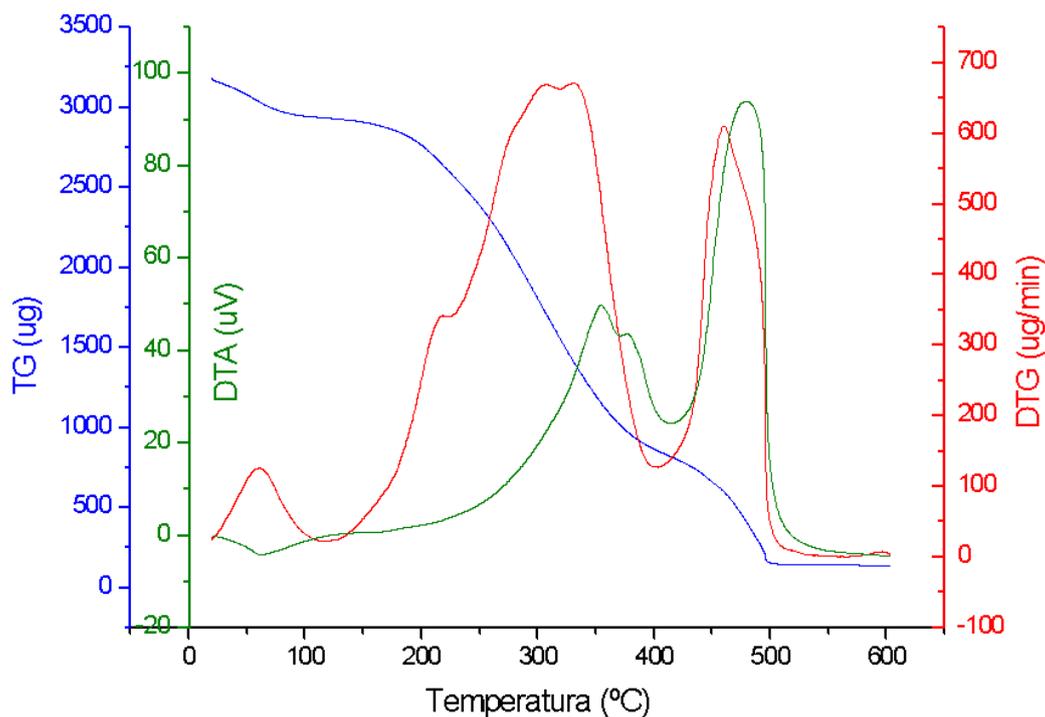
Figura 5 – Termograma da análise de TGA que apresenta a perda de massa do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma a 60°C quando submetido à programação de térmica com taxa de aquecimento de 10 (a), 20(b) e 40°C/min (c).



(a)



(b)



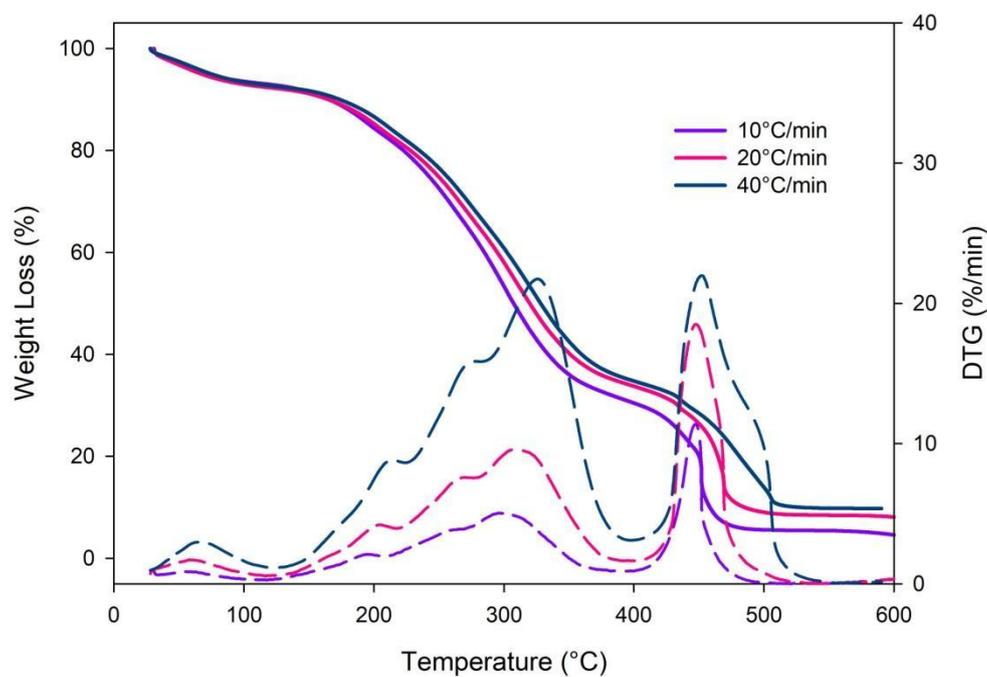
(c)

Figura 6 – Termograma da análise de TGA que apresenta a perda de massa do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma a 60 °C quando submetido à programação de térmica com taxa de aquecimento de 10 °C/min (a), 20 °C/min (b) e 40°C/min (c).

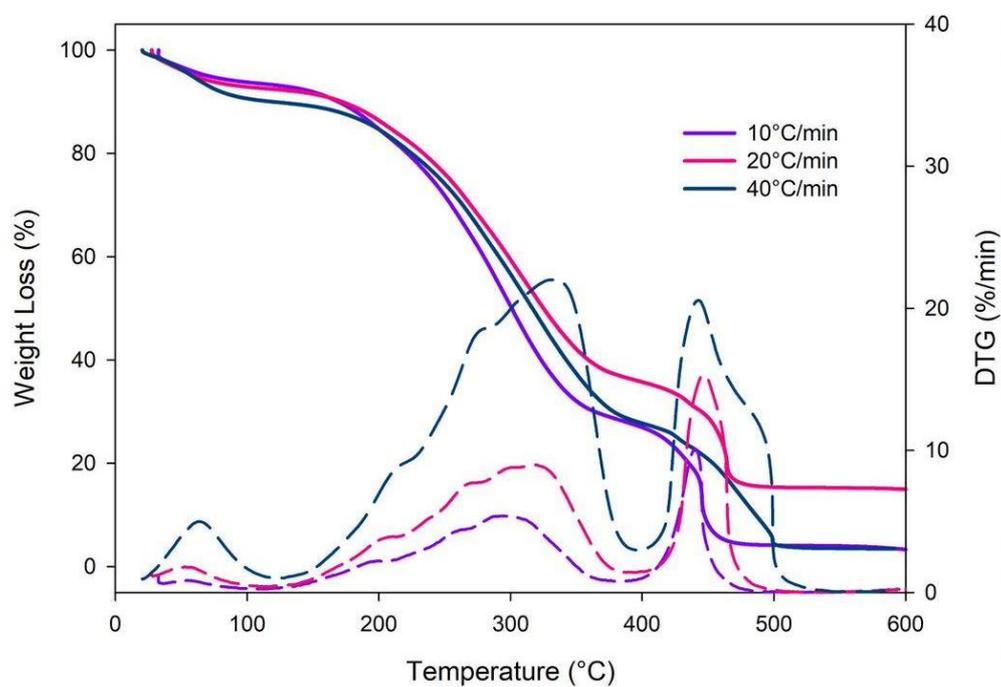
A curva DTG, que permite visualizar as temperaturas correspondentes ao início e final do evento térmico, além da temperatura em que a velocidade de reação de

decomposição térmica é máxima, representada pelos picos agudos que permitem observar as sucessivas reações.

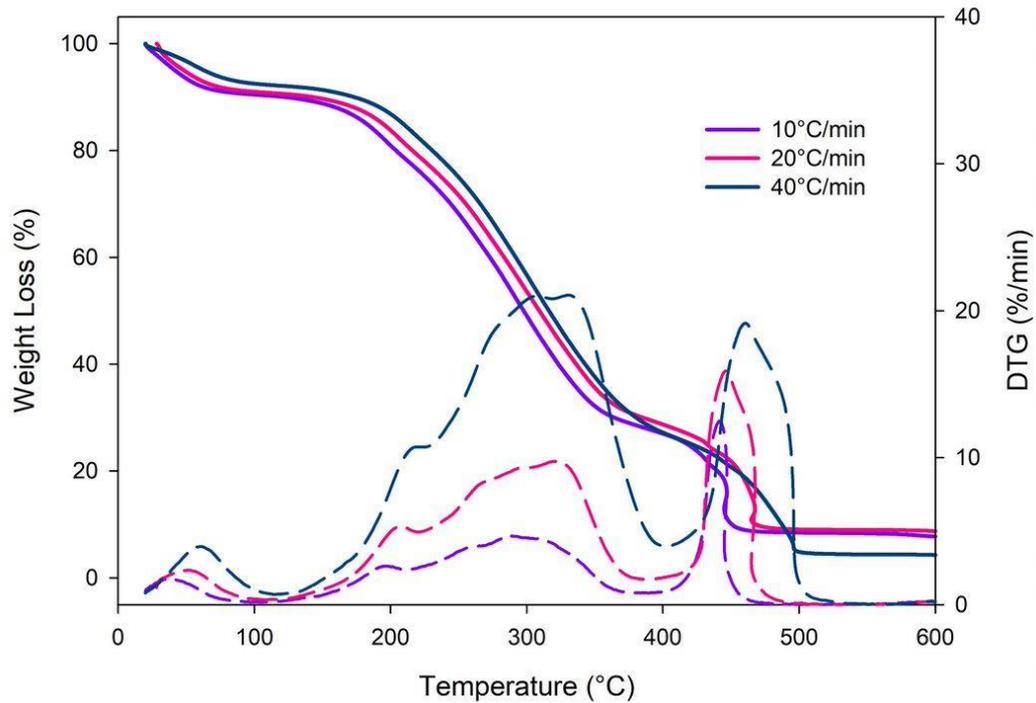
Nas Figuras 7 e 8 se tem a observação do aumento da velocidade da reação com o aumento da temperatura para uma mesma amostra.



(a)

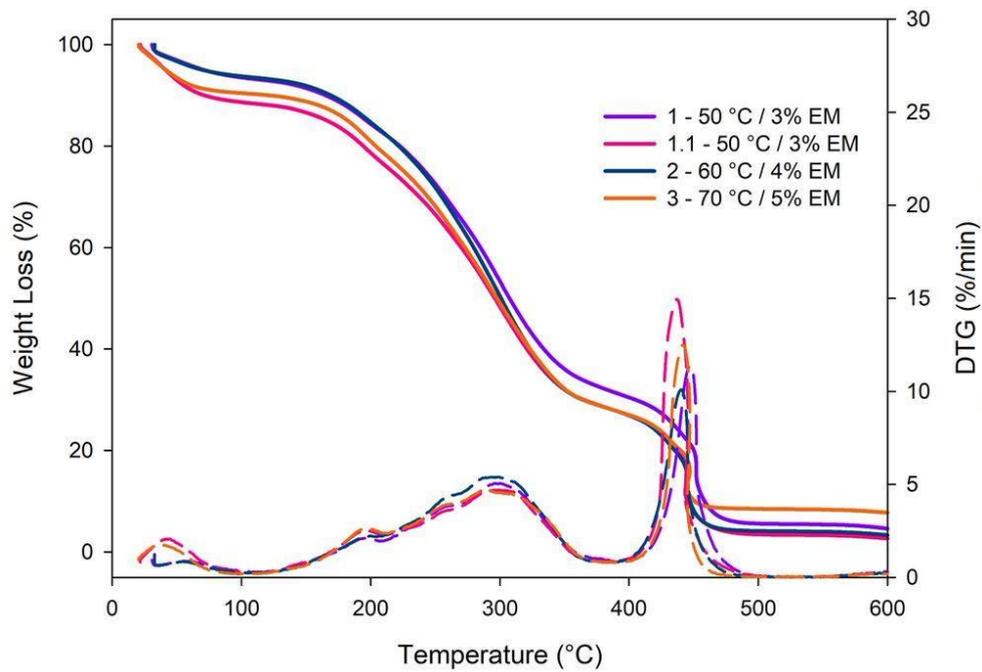


(b)

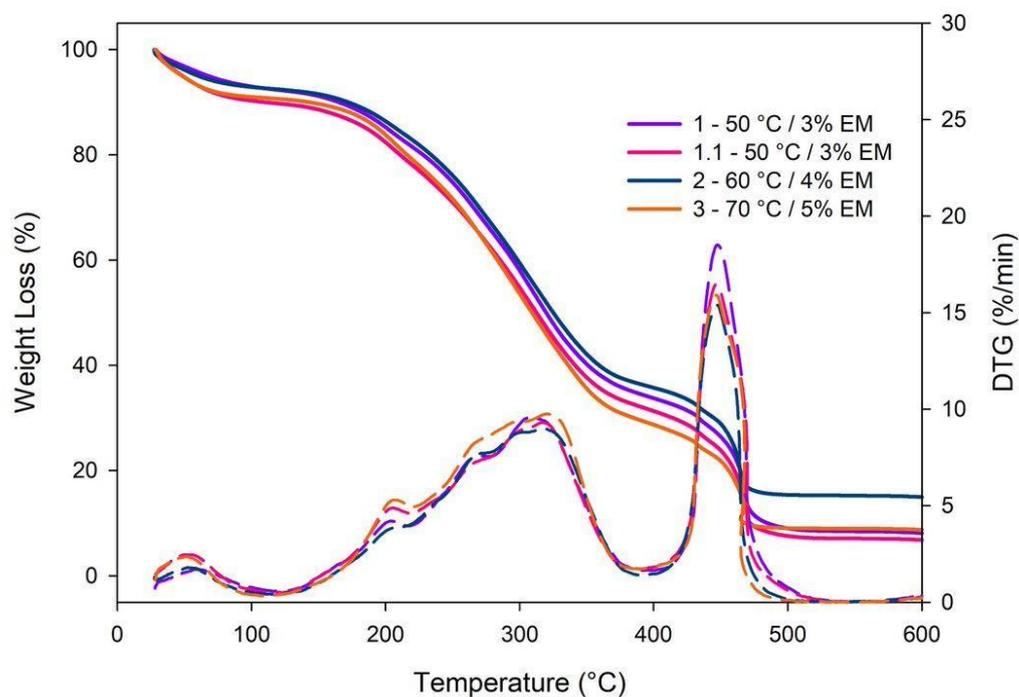


(c)

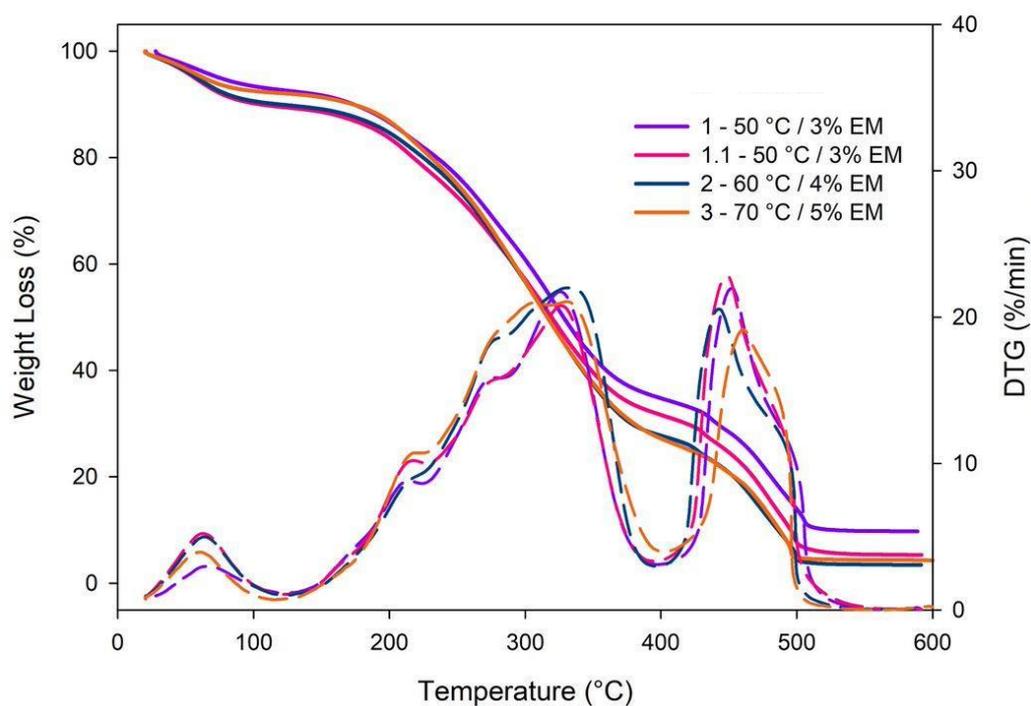
Figura 7 – Termograma da análise de DTG que apresenta quando as velocidades de reação de decomposição térmica são máximas, representada pelos picos agudos que indicam as sucessivas reações do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma a 50 °C (a), 60 °C (b) e 70 °C (c) submetidos à programação térmica com taxa de aquecimento de 10 °C/min, 20 °C/min e 40 °C/min.



(a)



(b)



(c)

Figura 8 – Termograma da análise de DTG que apresenta as velocidades de reação de decomposição térmica do pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma a 50 °C, 60 °C e 70 °C submetidos à programação térmica com taxa de aquecimento de 10 °C/min (a), 20 °C/min (b) e 40°C/min (c).

Quando comparadas na mesma taxa de aquecimento, as amostras não apresentam diferença na velocidade das reações. Quando uma mesma amostra é submetida a diferentes taxas de aquecimentos, observa-se que, quanto maior a taxa, as reações ocorrem rapidamente representadas pelos picos agudos nos gráficos. Infere-se, nesse contexto, que a concentração de agente espumante e a temperatura utilizada no processo de secagem para obtenção dos pós da folha do noni não influenciam na velocidade das reações aqui estudadas.

Visto que o aumento da temperatura influencia a velocidade das reações. Nesse sentido, utiliza-se a Equação de Arrhenius

$$k_t = A e^{-E_a/RT}$$

para investigar o efeito quantitativo da temperatura nas velocidades de reações.

em que

$K_t$  = Constante de velocidade

A = Fator pré-exponencial

$E_a$  = Energia de Ativação

R = Constante dos gases

T = Temperatura

O termo  $e^{-E_a/RT}$  corresponde, de acordo com a teoria da cinética dos gases, à fração de colisões entre as moléculas necessária à promoção da Energia de Ativação,  $E_a$ , que é a energia mínima, por parte dos reagentes, necessária para que uma reação química se inicie e haja formação de produto (CHANG, 2013). Segundo Atkins, Jones e Laverman (2018) a variação da velocidade da reação com a temperatura é utilizada para elaborar modelos de eventos atômicos que, por sua vez, geram informações importantes quanto à natureza da dependência da temperatura. Um aumento de 10°C na temperatura, por exemplo, dobra a velocidade de reação em espécies orgânicas.

Vários métodos são utilizados para estimar a energia de ativação considerando a taxa de aquecimento e a temperatura. Dentre esses métodos, têm-se modelos isoconversionais e não isoconversionais que são úteis para mensurar as mudanças no mecanismo de reação através de mudanças na energia de ativação em função da conversão (MENCZEL e PRIME, 2008).

A energia de ativação foi determinada por três modelos isoconversionais que estão descritos na Tabela 2: Friedman com base na forma logarítmica da taxa de cura, KAS que

corrige alguns desvios dos métodos mais simples e OFW que mede as temperaturas associadas a valores fixos de decomposição térmica sob diferentes taxas de aquecimento (BARRETO et al., 2023).

Tabela 2 – Modelos isoconversionais utilizados para estimar a Energia de Ativação

Modelos	Equações	Referências
Friedman	$\ln \left( \frac{d\alpha}{dt} \right) = \ln [Af(\alpha)] - \frac{E_a(\alpha)}{RT}$	FRIEDMAN, 1963
KAS	$\ln(\beta) = \ln \left[ \frac{Af(\alpha)}{\frac{d\alpha}{dt}} \right] - \frac{E_a}{RT}$	COATS, REDFERN, 1964
FOW	$\ln \left( \frac{\beta}{T^2} \right) = \ln \left( \frac{AR}{E_a(\alpha)} \right) - \frac{E_a}{RT}$	FLYNN, WALL 1966 e OZAWA, 1976.

Em que,

$E_a$  = Energia de Ativação

$\alpha$  = Conversão

$E_a$  = Energia de Ativação

$\beta$  = Taxa de aquecimento

$R$  = Constante dos gases

$A$  = Fator pré-exponencial.

Esses métodos são utilizados para calcular os parâmetros cinéticos para um processo, sem conhecimento dos mecanismos da reação, considerando os modelos cinéticos e métodos de modelos livres não isotérmicos.

“O método de Friedman é um método de isoconversão que resulta na energia de ativação ( $E_a$ ) em cada conversão( $\alpha$ ) pela análise do coeficiente angular da reta gerada (slope= $-E_a/R$ ) pelo termo  $\ln(d\alpha/dt)$  versus  $1/T$ . O modelo FOW é um método de isoconversão, baseado no modelo livre que se baseia na conversão de um sinal (fluxo de calor; perda de massa) em grau de conversão em cada etapa de decomposição. Sendo possível calcular os parâmetros cinéticos durante toda a decomposição térmica da amostra”( FERREIRA, 2012).

A energia de ativação foi determinada pela inclinação da curva, que é representada por  $E_a/R$  após multiplicar pela constante  $R$  e foi plotada como função da conversão alcançada durante as reações de reticulação, através da metodologia de Friedman conforme mostrado na Figura 9.

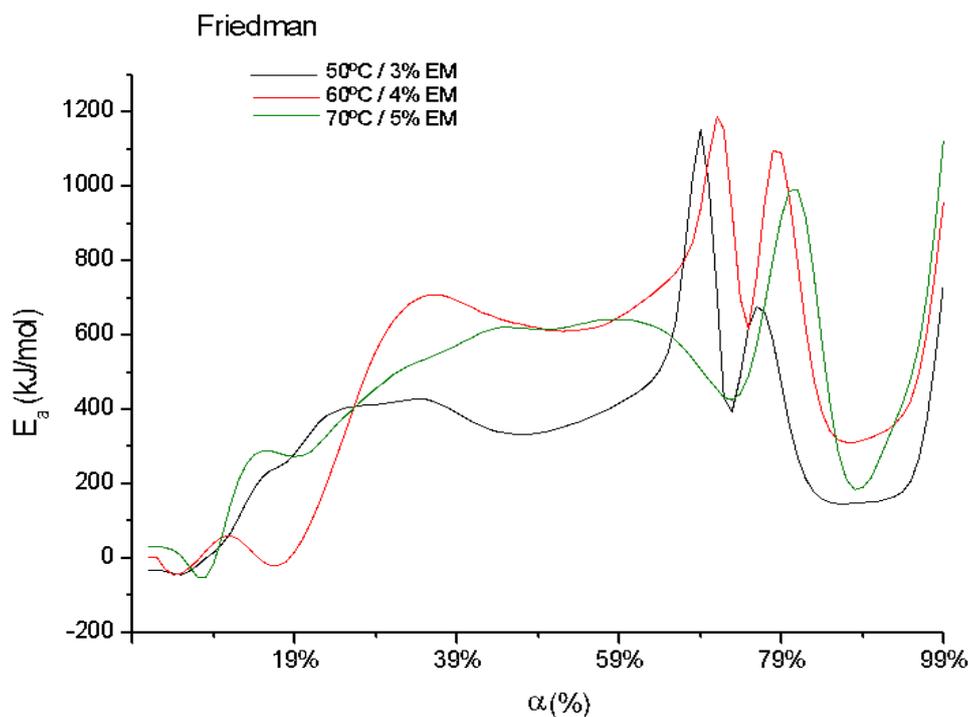


Figura 9 – Energia de Ativação ( $E_a$ ) em função da conversão utilizando o método isoconversional de Friedman para o pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma a 50 °C, 60 °C e 70 °C com 3, 4 e 5% de agente espumante, respectivamente.

O modelo de Friedman apresentou bons resultados de  $R^2$ , sendo 0,9988, 0,9928 e 0,9999 para as três espécies do pó da folha do noni, respectivamente, no entanto, os modelos FWO e KAS apresentaram melhores valores de  $R^2$  para as amostras 1 e 2 como pode ser visto na tabela 3. A  $E_a$  é similar de uma amostra para a outra, 63,982, 57,663 e 61,197 kJ/mol, respectivamente, e que está correlacionada diretamente aos eventos endo e exotérmicos visualizados na curva DTA das figuras 4, 5 e 6, indicando que a  $E_a$  varia proporcionalmente com o calor envolvido na reação.

Tabela 3 – Parâmetros estatísticos de correlação linear  $R^2$  calculados utilizando os modelos Friedman, KAS e FWO para a Energia de Ativação

Amostra	$R^2$		
	Friedman	KAS	OFW
1 (3min/3%/50°C)	0,99883	0,99999	0,99999
2 (4min/4%/60°C)	0,99284	0,99999	0,99999
3 (5min/5%/70°C)	0,99993	0,98974	0,99176

## CONCLUSÃO

O comportamento térmico em atmosfera inerte do pó da folha do noni obtido por secagem em camada de espuma nas três condições estabelecidas é o mesmo quando

comparado nas mesmas taxas de aquecimento o que indica que as condições de obtenção do pó não influenciaram no seu processo de decomposição. O efeito da temperatura indicou uma perda gradual de massa para o pó da folha do noni em todas as amostras estudadas. A decomposição ocorre em três etapas que indicam o número de componentes ou de degradação da amostra. Os picos agudos dos termogramas apresentados neste estudo possibilitaram observar as sucessivas reações que ocorrem ao longo do processo de degradação. A utilização de taxas de aquecimento maiores acelerara as reações e a taxa de aquecimento menor permite identificar com uma maior clareza a saída dos compostos das amostras. A energia mínima necessária para que ocorram as reações,  $E_a$ , varia conforme a taxa de aquecimento, ou seja, quanto maior a taxa de aquecimento, mais rapidamente ocorre a reação, impossibilitando de perceber a perda de todos os compostos em determinada faixa de temperatura. A  $E_a$  determinada não apresenta diferenças significativas entre as amostras, indicando que as condições experimentais utilizadas para a obtenção do pó não exerceram influência no processo de degradação. Os modelos matemáticos utilizados neste estudo são eficazes na predição da Energia de Ativação apresentando bons valores de  $R^2$ .

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA -ANVISA. **Orientações sobre o uso de fitoterápicos e plantas medicinais.** Ministério da Saúde. [S.l.]: [s.n.], 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/publicacoes-sobre-medicamentos/orientacoes-sobre-o-uso-de-fitoterapicos-e-plantas-medicinais.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2023.
- ALI, M.; KENGANORA, M.; MANJULA, S. N. Health Benefits of Morinda citrifolia (Noni): A Review. **Pharmacognosy Journal**, 1 jul. 2016. v. 8, n. 4, p. 321–334.
- ALMEIDA, É. S.; OLIVEIRA, D.; HOTZA, D. Properties and Applications of Morinda citrifolia (Noni): A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 10 jun. 2019. v. 18, n. 4, p. 883–909.
- ASSI, R. A.; DARWIS, Y; ABDULBAQI, I. M.; KHAN, A A.; VUANGHAO, L.; LAGHARI, M.H. Morinda citrifolia (Noni): A comprehensive review on its industrial uses, pharmacological activities, and clinical trials. **Arabian Journal of Chemistry**, jul 2017, v. 10, p. 691-707. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.06.018>
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 7. ed. [S.l.]: Bookman Editora, 2018. p. 621.

BRASIL. Biodiversidade. **Ministério do Meio Ambiente**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>>. Acesso em: 14 set. 2023.

BRONZO, D. K.; SANTOS, C. C. **Estudo do potencial citotóxico da morinda citrifolia e da calotropis procera frente as linhagens tumorais hct-116, pc-3 e snb-19 universidade federal rural do semiárido -ufersa curso de bacharelado em ciência e tecnologia**. [S.l.]: [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/0b79269b-994c-434a-8ea3-52bc0845551d/content>>. Acesso em: 4 nov. 2023.

CANABARRO, N. I. **Secagem convectiva de folhas visando a obtenção de compostos bioativos via extração supercrítica**. Universidade Federal de São Carlos: [s.n.], 2019. Tese de Doutorado. Disponível em: <[https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11432/Canabarro\\_Nicholas\\_Tese.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11432/Canabarro_Nicholas_Tese.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 14 set. 2023.

CARVALHO, A. M. et al. The Brazilian market of herbal medicinal products and the impacts of the new legislation on traditional medicines. **Journal of Ethnopharmacology**, 15 fev. 2018. v. 212, p. 29–35. Acesso em: 25 abr. 2023.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Chemistry**. 11. ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2013. p. 13.

DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. **Princípios e Aplicações de Análise Térmica. Universidade De São Paulo Instituto De Química De São Carlos**. [S.l.]: [s.n.], 2012. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-04042013-151955/publico/GabrielaBuenoDenari\\_Revisado\\_Anexo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-04042013-151955/publico/GabrielaBuenoDenari_Revisado_Anexo.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

DIAS, S. L. P. et al. **Química Analítica: Teoria e Prática Essenciais**. [S.l.]: Bookman Editora, 2016.

ELPÍDIO, C. M. De A. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte tese de doutorado secagem da ameixa pelo método de camada de espuma: otimização dos parâmetros e caracterização do produto. Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. [S.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/32479/1/Secagemameixametodo\\_Elpidio\\_2020.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/32479/1/Secagemameixametodo_Elpidio_2020.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

FERREIRA, R. A. R. Contribuição ao estudo cinético e balanço energético da pirólise autotérmica da palha de cana-de-açúcar através de análises termogravimétricas e calorimetria. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. DOI <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2012.340>

GIULIETTI, A. et al. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **MEGADIVERSIDADE**, 2005. v. 1. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/2010/Biologia/artigos/biodconservacao.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Biologia/artigos/biodconservacao.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

MENCZEL, J. D.; PRIME, R. B. **Thermal analysis of polymers : fundamentals and applications**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., Cop, 2009. p. 140–142.

SERAFINI, M. R. **Morinda citrifolia como agente fotoprotetor**. Universidade Federal

de Sergipe: [s.n.], 2013. Tese de Doutorado. Disponível em: <[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3547/1/MAIRIM\\_RUSSO\\_SERAFINI.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3547/1/MAIRIM_RUSSO_SERAFINI.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2023.

SILVA, F. G. et al. Influência do processamento pós-colheita e armazenamento na composição química da droga vegetal e do óleo essencial de carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) DC.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, dez. 2010. v. 12, n. 4, p. 436–442. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/vND9WKQMRSZHg9Jd6TyGzVS/?lang=pt>>. Acesso em: 11 set. 2022.

SLOPIECKA, K. Thermogravimetric analysis and kinetic study of poplar wood pyrolysis. **ScienceDirect**, 2011. Acesso em: 24 out. 2023.

SOARES, L. C. et al. Histomorfologia de órgãos-alvo de ratos diabéticos suplementados com noni (*Morinda citrifolia*). **ConScientiae Saúde**, 28 dez. 2011. v. 10, n. 4, p. 657–664. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/saude/article/view/2786/2089>>. Acesso em: 19 set. 2022.

SOUZA, T. P. De; LIONZO, M. I. Z.; PETROVICK, P. R. Avaliação da redução da carga microbiana de droga vegetal através do processamento tecnológico: decocção e secagem por aspersão. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 1 mar. 2006. v. 16, p. 94–98. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/HdJ3QG6WvL9H8SpyvQryXjb/?format=html>>. Acesso em: 4 nov. 2023.

## **ESTUDO ETNOFARMACOLÓGICO DA *MORINDA CITRIFOLIA*. L (NONI) APLICADA A UM CREME E A UMA MÁSCARA FACIAIS A PARTIR DO SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE**

### **RESUMO**

A *Morinda citrifolia* L., tradicionalmente conhecida como Noni, é uma planta com mais de 200 compostos fitoquímicos. Há diversos estudos em que o potencial antioxidante da planta está diretamente relacionando aos processos de envelhecimento da pele, devido à capacidade de sequestrar radicais livres, prevenindo ou inibindo reações oxidativas nas biomoléculas, e relacionam esta capacidade antioxidantes à presença de compostos fenólicos. Contudo, há evidências de que a composição química da espécie varia de acordo com o seu local de origem, sendo influenciada pelo solo e clima onde é cultivada. No Brasil, a Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) proibiu a utilização no noni para o consumo, devido aos casos de toxicidade hepática em pacientes que a utilizaram como alimento, até que estudos comprovem a segurança do consumo de produtos obtidos a partir do noni. No entanto, como evidenciado na própria legislação, os produtos com finalidade terapêutica ou medicamentosa não são considerados alimentos e a utilização do noni para fins cosméticos surge como uma alternativa para a utilização de produtos derivados dessa planta ricos em propriedades medicinais para o embelezamento ou tratamento da face e de outras partes do corpo. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo o estudo da atividade antioxidante do extrato aquoso e hidroalcolólico do pó da folha do noni e a sua aplicação em um creme e máscara faciais a fim de se compreender a capacidade oxidativa de extratos da planta, sendo, por sua vez, a atividade antioxidante responsável por combater um dos mecanismos de envelhecimento da pele, característica importante para um cosmético. Foram desenvolvidas duas formulações distintas. Inicialmente, para a produção do creme mais fluido, foram incorporados, em emulsão O/A, 5% de extrato do pó da folha do noni e, para a produção de uma máscara, produto mais viscoso, utilizou-se 5% do pó da folha do noni em uma combinação de goma xantana e carragena. As formulações obtidas com o pó da folha do noni apresentaram discretas alterações nas diferentes condições estudadas. Foram realizadas avaliações da atividade antioxidante do pó da folha do noni utilizado como ativo cosmético das formulações a partir dos ensaios de DPPH e ABTS. Foi realizado o estudo termogravimétrico do creme e da máscara formulados a fim de compreender o comportamento dos produtos quando submetidos a um aumento de temperatura. O comportamento térmico do creme facial e da máscara facial foram similares, indicando a necessidade de manutenção do produto sob temperaturas amenas e cuidado à exposição a altas temperaturas a fim de evitar a perda de substâncias ativas, principalmente durante o transporte e durante o manuseio. O pó da folha do noni apresentou-se como uma excelente alternativa natural de bioativo cosmético devido ao alto teor de compostos fenólicos identificado neste estudo e à presença de atividade antioxidante que contribui para o processo de antienvelhecimento cutâneo.

Palavras-chave: cosmético; emulsão; compostos fenólicos; noni; termogravimetria;

### **1. INTRODUÇÃO**

A *Morinda citrifolia* L., comumente conhecida por seu nome popular: Noni é uma árvore de origem asiática que se adaptou às condições climáticas brasileiras e vem sendo cultivada em quintais de todo o Brasil devido às propriedades medicinais difundidas pela população que utiliza o noni na medicina alternativa para os mais diversos fins. Assim como devido às informações disponíveis na literatura que relatam a existência de mais de 160 compostos químicos que foram identificados nas diferentes partes da planta associados às ações antibacteriana, antiviral, antifúngica, antitumoral, analgésica e anti-inflamatória utilizados no tratamento de patologias como: câncer, diabetes, hipertensão, cicatrização, entre outras. (BRASIL, 2019)

Vários estudos têm sido realizados a fim de comprovar os efeitos farmacológicos do noni, sobretudo a respeito do seu consumo como alimento, pois, apesar da sua utilização na medicina popular para o tratamento de diversas enfermidades, não há evidências científicas que comprovem a segurança de produtos alimentícios contendo o noni (BRASIL, 2021). Farias (2021) aponta o uso do noni como ingrediente alimentar viável em seu estudo sobre a avaliação da segurança alimentar do purê do noni utilizado no intuito de reduzir o potencial tóxico do glúten. De maneira análoga, Inada (2021) avaliou o extrato aquoso dos frutos do noni nas alterações metabólicas em camundongos e constatou que os animais tratados não apresentaram sinais e sintomas de toxicidade aguda além de melhora na tolerância à glicose. Zhang et al. (2020) observaram a redução do peso corporal, bem como dos níveis de gordura corporal, triglicerídeos e colesterol de camundongos com o consumo diário de vinho com o noni como ingrediente principal.

Portanto, este trabalho teve como objetivo o estudo da atividade antioxidante do extrato aquoso e hidroalcolólico do pó da folha do noni, previamente obtido através do processo de secagem em camada de espuma, e viabilidade de sua aplicação em um creme e máscara facial.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Obtenção do pó da folha do noni**

As folhas do noni foram colhidas no Campus I da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de João Pessoa – PB (entre as coordenadas geográficas 07°08'03" e 07°08'58" de Latitude Sul e entre 34°50'13" e 34°51'06" de Longitude Oeste e altitude média de 33 metros), levadas ao laboratório de Termodinâmica da Instituição supracitada e higienizadas de acordo com a RDC nº 218/2005 ANVISA (ANVISA, 2005). 50 g de massa de folhas devidamente sanitizadas com tamanhos e cores semelhantes foram

pesadas e processadas com 150 mL de água destilada homogeneizada por 3 minutos em um liquidificador de alta rotação industrial da marca Metvisa de capacidade de 2 litros e velocidade constante de 1800 rpm. O material vegetal, incapaz de produzir a espuma necessária ao processo de secagem, foi misturado a 3% do agente espumante Portogel® em batedeira Planetária Deluxe da Arno em velocidade máxima por 3 minutos. A escolha do agente espumante, a sua concentração, e o tempo de agitação foram definidos com base no trabalho de Barros (2018). Em seguida, a espuma obtida foi disposta em bandeja com espessura fixa de 0,5 cm e colocada em estufa de circulação de ar a 50 °C por 330 minutos (LIMA, 2020).

## 2.2. Preparação do Extrato Aquoso e Hidroalcoólico para Análise de Fenólicos

Foram preparados dois extratos para observação da melhor condição para identificação dos compostos fenólicos presentes no pó da folha do noni: extrato aquoso e hidroalcoólico (1:1). Foram adicionadas 40 mL de água e água + etanol 50% (1:1) à Erlenmeyers contendo 2g do pó da folha de noni obtido através da secagem em camada de espuma nas condições anteriormente descritas. (a). A mistura foi submetida ao banho ultrassônico por 40 min (b) e, logo após, agitada em incubadora shaker durante duas horas à temperatura ambiente ( $\pm 25$  °C) e com rotação de 150 rpm. O sobrenadante foi filtrado em filtros de nylon (d) e colocados na estufa a 35 °C (e) até completa evaporação (SANTOS, 2022).

## 2.3. Determinação dos compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos se deu de acordo com a metodologia colorimétrica Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA RAVENTÓS, 1999) com a redução do Reativo Folin Ciocalteu pelas hidroxilas fenólicas presentes na amostra. A análise foi realizada em triplicata e a absorbância foi mensurada em espectrofotômetro UV-vis a 760 nm. A concentração de compostos fenólicos foi estimada através da curva de calibração de ácido gálico com os resultados expressos como média  $\pm$  desvio-padrão de mg equivalente de ácido gálico (EAG) em cada grama de extrato.

## 2.4. Determinação da atividade antioxidante pela captura do radical livre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

A determinação da atividade antioxidante seguiu a metodologia descrita por Rufino et al. (2007), em que, sob a ausência de luz, realizou-se a leitura da absorbância da mistura do extrato do pó da folha do noni com uma solução previamente preparada do radical DPPH. A análise foi realizada em triplicata e a absorbância foi mensurada em espectrofotômetro UV-vis a 517 nm. A concentração de antioxidantes foi estimada através da curva padrão de trolox e os resultados expressos em termos de equivalência ao Trolox (umol trolox/ g do extrato).

#### 2.5. Determinação da atividade antioxidante pela captura do radical livre ABTS

Rufino et al. (2007) descreveu o procedimento para a determinação da atividade antioxidante total em vegetais pela captura do radical livre 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS). Em ambiente escuro, realizou-se a leitura da absorbância da mistura do extrato do pó da folha do noni com uma solução previamente preparada do radical ABTS. A análise foi realizada em triplicata e a absorbância foi medida em espectrofotômetro UV-vis a 734 nm. A concentração de antioxidantes foi estimada através da curva padrão de trolox e os resultados expressos em termos de equivalência ao Trolox (umol trolox/ g do extrato).

#### 2.6. Formulação do Creme Facial e da Máscara Facial contendo extrato do noni

Foi desenvolvida uma formulação q.s.p para 100g de creme facial 2,5% do pó da folha do noni obtido através da secagem das folhas do noni. A proposta para as formulações está descrita nas Tabelas 1 e 2 para o creme e para a máscara, respectivamente.

**Tabela 1** – Composição da formulação do creme facial com extrato da folha do noni para 100g.

<b>Matérias-primas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Função</b>
Água destilada	q.s.p	Veículo/Solvente
Goma Xantana	0,5 – 5,0g	Espessante
Olivem 1000	0,1 – 8,0g	Emulsionante
Glicerina	2 – 15,0g	Umectante
Ciclometicone	0,1 – 90,0g	Emoliente
Extrato do pó do noni	1,5 – 3,0g	Ativo
EDTA dissódico	0,02 – 0,05g	Quelante

Triglicerídeo cáprico	0,001 – 0,05g	Antioxidante
BHT	0,001 – 0,05g	Antioxidante
Etilenoglicol+fenoxietanol	0,1 – 0,7g	Conservante
Fragrância	q.s.q	Fragrância

Fonte: Corrêa, 2012.

**Tabela 2** – Composição da formulação da máscara facial com o pó da folha do noni para 100g.

<b>Matérias-primas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Função</b>
Água	q.s.p	Veículo/Solvente
Goma Carragena	0,5 – 5,0g	Espessante
Goma Xantana	0,5 – 5,0g	Espessante
Glicerina	2,0 – 15,0 g	Umectante
Dimeticone	0,1 – 90g	Emoliente
Pó do noni	1,5 – 3,0g	Ativo
EDTA dissódico	0,02 – 0,05g	Quelante
Triglicerídeo cáprico	0,001 – 0,05g	Emoliente
BHT	0,001 – 0,05g	Antioxidante
Etilenoglicol+fenoxietanol	0,1 – 0,7g	Conservante

Fonte: Corrêa, 2012.

Técnica de preparo de uma emulsão líquida segundo Bernar (2014):

- Pesou-se em balança de precisão todos os componentes sólidos.
- Mediu-se em vidrarias volumétricas todos os componentes líquidos.
- Aqueceu-se a água entre 75 °C e 80 °C.
- Dissolveu-se todos os componentes hidrossolúveis sob agitação constante.
- Aqueceu-se a fase oleosa entre 70 °C e 75 °C.
- Fundiu-se todos os componentes da fase oleosa sob agitação constante.
- Verteu-se a fase aquosa na fase oleosa lentamente sob agitação por 5 a 10 minutos.
- Diminuiu-se a velocidade de agitação e agitou-se até resfriar.
- O extrato do pó da folha do noni e a essência, em geral, são incorporados após o resfriamento da emulsão a cerca de 30 °C.
- Acondicionou-se e rotulou-se.

## 2.7. Análises físico-químicas das formulações cosméticas

### 2.7.1 Determinação do potencial hidrogeniônico

A avaliação do potencial hidrogeniônico foi realizada com pHmetro previamente calibrado com soluções tampão de referência, pH 4,0, 7,0 e 10,0, procedimento descrito nos Guias de Estabilidade de Produtos Cosméticos (BRASIL, 2004).

### 2.7.2 Viscosidade

A viscosidade foi analisada utilizando um viscosímetro Brookfield de spindle médio (62) com velocidade de rotação de 80 rpm.

### 2.7.3 Estudo de estabilidade

A estabilidade de um produto cosmético é um fator imprescindível e deve ser estudada antes da liberação do produto para o consumidor final. O teste tem como objetivo garantir que a formulação mantenha a sua eficácia até o fim do seu prazo de validade, avaliar a compatibilidade das matérias-primas com as embalagens, além de garantir a segurança de quem compra (BRASIL, 2005). Os estudos de estabilidade acelerada utilizando temperaturas extremas, doseamento do ativo e a determinação dos parâmetros reológicos são os estudos de estabilidade mais utilizados, propostos pela legislação vigente para produtos cosméticos (BRASIL, 2005).

O estudo foi realizado observando as características tais como: cor, odor, viscosidade e spin de rotação, em diferentes situações (temperatura ambiente, estufa a 50 °C, sol e refrigerador). As análises serão realizadas semanalmente e anotadas em uma ficha, previamente confeccionada conforme Quadro 4.3.

Para acompanhar a estabilidade da cor do creme facial contendo o pó da folha de *Morinda citrifolia* proposta nesse trabalho, houve o suporte do colorímetro digital portátil da marca FRU, modelo WR-10QC (Figura 1).

**Figura 1** – Colorímetro FRU, modelo WR-10QC.



Fonte: Site da Internet AliExpress.

O equipamento dispõe de um calibre de medição de 4 mm, e utiliza o espaço de cor CIE  $L^*a^*b^*$ . A Comissão Internacional de Iluminação (CIE) é uma organização que lida com a troca de informações sobre questões relacionadas com a arte e a ciência da iluminação, compartilhando-as entre os países membros (ISO, 2020). Três espaços de cor foram definidos pelo CIE para avaliação de cores: CIE XYZ, CIE  $L^*C^*h$  e CIE  $L^*a^*b^*$  (SENAI, 2020).

O espaço de cor  $L^*a^*b^*$ , também conhecido como espaço de cor CIELAB é atualmente o mais popular dos espaços de cores uniformes usados para avaliar as cores, sendo bastante utilizado por correlacionar de forma segura os valores de cor com a percepção visual. Os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  são coordenadas que definem a cor, onde a coordenada  $L^*$  refere-se à luminosidade e pode variar do preto ao branco, a coordenada  $a^*$  mede o eixo que varia do vermelho ao verde, e  $b^*$  é a medida do eixo amarelo-azul (TAKATSUI, 2011). As análises foram feitas no Laboratório de Tecnologia Cosmética, na Universidade Federal da Paraíba.

#### 2.7.4 Análise Térmica

O comportamento das emulsões contendo o pó da folha do noni foram investigadas através da análise termogravimétrica (TG) no equipamento STA7300 Hitachi (Tokyo, Japan). As amostras com massa de aproximadamente 4 mg foram acondicionadas em placas de platina e aquecidas entre as temperaturas de 25 a 300 °C sob fluxo de gás nitrogênio de 50 mL/min e taxa de aquecimento de 5 °C.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Fenólicos e Antioxidantes

A análise de compostos fenólicos foi realizada a fim de que fossem observados se os valores de absorvância das amostras analisadas estavam compreendidos na faixa de absorvância da curva padrão de ácido gálico o que possibilita a leitura de absorvância na curva padrão trolox para determinação das concentrações de antioxidantes pelo método de sequestro dos radicais livres DPPH e ABTS.

Rufino et al. (2010) classificaram os extratos aquosos como extratos com baixa, alta e média quantidade de fenólicos após estudarem o conteúdo de fenólicos totais em 18 frutos, conforme descrito na Tabela 3.

*Tabela 3 – Classificação da quantidade de compostos fenólicos em extratos aquosos*

Quantidade de Compostos Fenólicos	mg EAG / g extrato
Baixa	< 1000
Média	1000 – 5000
Alta	> 5000

Fonte: Adaptado de Rufino et al. (2010)

Na Tabela 4 são mostrados os números da quantidade média dos compostos fenólicos identificados no pó da folha do noni, onde é observada que a maior quantidade de compostos fenólicos total observada no extrato aquoso e no extrato hidroalcolóico do pó da folha do noni foram obtidos em diferentes volumes de solução de extrato, sendo 65190,4mg EAG / g extrato  $\pm$  194,2 em uma solução de 0,09 mL com a água como solvente e 52959,1mg EAG / g extrato  $\pm$  129,5 em uma solução de 0,18 mL tendo como solvente a mistura água:etanol (1:1), apontando a água como melhor solvente quando comparado à mistura com o etanol para a extração de compostos fenólicos do pó da folha do noni e indicando o pó da folha do noni como um composto de alto teor de compostos fenólicos, uma vez que o valor médio de compostos fenólicos encontrados ultrapassa o valor mínimo desta classe.

*Tabela 4 – Compostos fenólicos totais do extrato do pó da folha do noni obtidos através de secagem em camada de espuma a 50°C por 330 minutos com 3% de agente espumante Portugel*

Solvente	Volume de Solução do Extrato (mL)	Média (mg EAG / g extrato)	Desvio
Água	0,18	58161	244
Água + Etanol	0,18	52959	130

Fonte: Autora, 2023.

A grande maioria dos estudos encontrados na literatura trata sobre a quantidade de compostos fenólicos totais em frutos frescos. Rufino et al. (2010) também classificaram os frutos em três categoria a partir da quantidade de compostos fenólicos totais encontrados, sendo baixo <100 mg EAG / g extrato, médio 100 – 500 mg EAG / g extrato e alto > 500 mg EAG / g extrato. Pola et al. (2011), no entanto, afirmam que o pó do noni obtido através do processo de secagem tem maior quantidade de compostos

fenólicos quando comparado ao fruto fresco devido às concentrações superiores dos compostos nos pós e à maior superfície de contato deste último, o que aumenta a eficiência de extração. Palioto et al. 2015 encontraram valores de 1143,56 mg EAG/g de extrato aquoso da polpa do fruto do noni em seu estudo sobre os compostos bioativos de frutos da *Morinda citrifolia* L. cultivados no Paraná.

Na Tabela 5 são mostradas as atividades antioxidantes através dos ensaios realizados pelos métodos de sequestro dos radicais livres DPPH e ABTS expressas em  $\mu\text{mol}$  equivalente Trolox (TE) indicando a água como o melhor solvente para a extração do antioxidante e o método DPPH como o mais eficiente na identificação de antioxidantes neste estudo com o valor de  $166,9 (\mu\text{mol TE/g extrato}) \pm 5,5$ .

*Tabela 5 – Atividade de sequestro do radical DPPH e ABTS para os extratos do pó da folha do noni obtidos através de secagem em camada de espuma a 50°C por 330 minutos com 3% de agente espumante Portogel expressos em equivalência ao Trolox.*

Ensaio	Amostra (Solvente)	Média ( $\mu\text{mol TE/g}$ extrato)	Desvio
DPPH	Água	166,9	5,5
	Água + Etanol	108,9	14,5
ABTS	Água	151,1	2
	Água + Etanol	86,6	0,5

Fonte: Autora, 2023.

Na Tabela 6 é apresentado o potencial antioxidante de algumas folhas pelo método DPPH e ABTS. Nos estudos em questão são utilizados diferentes tipos de solventes para obtenção do extrato. A partir das informações colhidas na literatura, é possível ter um parâmetro da atividade antioxidante do pó da folha do noni.

*Tabela 6 – Potencial antioxidante de espécies vegetais pelo método DPPH e ABTS.*

Estudo	Tipo de Extrato	Método DPPH ( $\mu\text{mol TE/g}$ )	Método ABTS ( $\mu\text{mol TE/g}$ )	Autores
--------	-----------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------

Avaliação do potencial antioxidante do extrato hidroetanólico das folhas de moringa ( <i>Moringa oleífera</i> Lam.).	Hidroetanólico	75,19	55,11	RODRIGUES e BACH 2023
Influência da sazonalidade na composição química e nas atividades antioxidante e antimicrobiana das folhas de ora-pro-nobis ( <i>Pereskia aculeata</i> Miller)	Etanólico	750,61	151,57	VARGAS, 2017
Aplicação de extrato aquoso de sorgo para elaboração de cobertura comestível de folhas de ora-pro-nobis minimamente processado	Aquoso	359,65	–	CAMPOS et al. 2021
Atividade antioxidante total dos extratos da flor e da folha de malva visco	Alcoólico	–	113,5	PONTES et al. 2021

Cantaneo et al. (2008) realizaram um estudo sobre a atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho e encontraram valores da atividade antioxidante equivalente ao trolox de 98,92  $\mu\text{mol/g}$  de extrato do resíduo de uva secas a 45°C no método ABTS E 220,44 no método DPPH apontando o produto como um potencial antioxidante sugerindo a aplicação na indústria de fitoterápicos. Rodrigues et al. (2017) afirmam que a capacidade antioxidante do extrato etanólico da folha do noni se relaciona à presença de flavonóides nos extratos indicada na prospecção fitoquímica e sugere que a folha seja utilizada para fins farmacêuticos por apresentarem constituintes fitoquímicos e antioxidantes capazes de combater e prevenir enfermidades, quando isolados e aplicados adequadamente.

Com base nos valores encontrados na literatura é possível observar que o noni tem potencial antioxidante, embora a utilização de outros tipos de solventes para obtenção do extrato do pó da folha do noni seja uma opção para que seja verificada se há alteração no potencial antioxidante encontrado neste estudo.

#### Análises Físico-Químicas do Creme Facial

De acordo com as normas da ANVISA (2020), segundo a metodologia descrita no Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos, avaliou-se a estabilidade de acordo com os parâmetros: cor, odor, aspecto, pH e viscosidade, nas condições de exposição à: temperatura ambiente, luz solar, estufa (50°C) e freezer (5 °C). A viscosidade

foi medida através do viscosímetro rotativo digital modelo NDJ-5S conforme detalhe da Tabela 7 e a avaliação seguiu os seguintes critérios:

ASPECTO: (N) Normal

LS (Levemente Separado)

IS (Intensamente Separado)

COR: (N) Normal

LM (Levemente Modificado)

M (Modificado)

IM (Intensamente Modificado)

ODOR: (N) Normal

LM (Levemente Modificado)

M (Modificado)

IM (Intensamente Modificado)

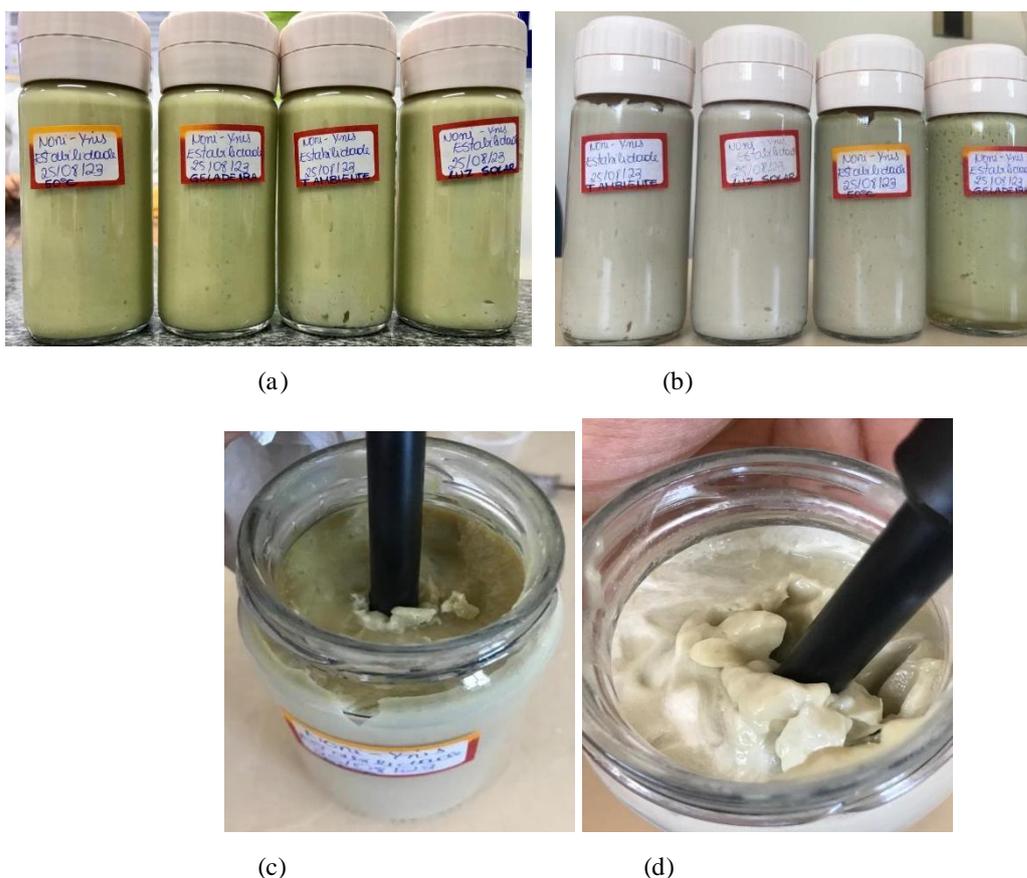
Tabela 7 – Estudo da estabilidade acelerada para cada formulação

Creme Facial												
Análise / Produto	pH			Viscosidade (mPa.S)			Cor			Spin de rotação (rpm)	Aspecto	Odor
	Inicial	15 dias	30 dias	Inicial	15 dias	30 dias	Inicial	15 dias	30 dias			
Luz Solar	5,63	6,19	5,88	19980	19980	19980	N	M	M	60	N	LM
Temperatura Ambiente	5,63	5,89	5,45	19980	19980	19980	N	M	M	60	N	LM
Freezer	5,63	5,15	5,33	19980	19980	19980	N	N	N	60	LS	N
Estufa (50°C)	5,63	5,21	4,96	19980	19980	19980	N	M	M	60	N	LM

Fonte: Autora, 2023.

Foi possível observar após 30 dias de estudo de estabilidade que a viscosidade do produto se mantém inalterada, mas os aspectos organolépticos e pH sofrem alterações de acordo com as condições de onde estão acondicionados. Como se pode observar na Figura 2 em temperaturas elevadas há um ressecamento do produto observado a partir de uma crosta que foi criada na parte superior do mesmo e uma leve alteração na cor. O problema do ressecamento pode ser solucionado com a adição de glicerina e a cor pode ser preservada com a utilização de embalagens opacas. Em temperaturas inferiores, a exemplo do freezer, houve uma separação de fases, devido à cristalização das moléculas de água que não foram totalmente estabilizadas pelo emulsificante, o problema pode ser corrigido com a adição de mais emulsificante na formulação, mas a cor manteve-se inalterada. Para as condições de temperatura ambiente e exposição à luz solar o produto apresentou alteração de cor e aspecto turvo, embora não tenha se observado alterações na viscosidade do produto.

**Figura 2** – Formulações cosméticas para o estudo de estabilidade (a) no tempo inicial zero (b) após 30 dias de estudo (c) apresentando crosta após submetida à temperatura de 50 °C e (d) apresentando alterações em suas características organolépticas em temperatura ambiente e quando exposta à luz solar.



3.2 Análise da estabilidade da cor do creme facial contendo o pó de *Morinda citrifolia* utilizando o colorímetro.

Na Tabela 8 é mostrada a análise da estabilidade da cor do creme facial

*Tabela 8 – Análise da cor do creme facial de Morinda citrifolia durante a estabilidade nas diversas condições após 30 dias de análise*

<b>Espaços de cor</b>	<b>Cor no tempo zero</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Geladeira</b>	<b>Luz solar</b>	<b>Temperatura de 50° C</b>
L*	6,70	6,70	7,55	8,54	5,70
a*	-0,37	-0,44	0,16	8,99	-0,33
b*	0,94	0,95	2,835	13,87	0,93

**Fonte:** Fonte: Autora, 2023.

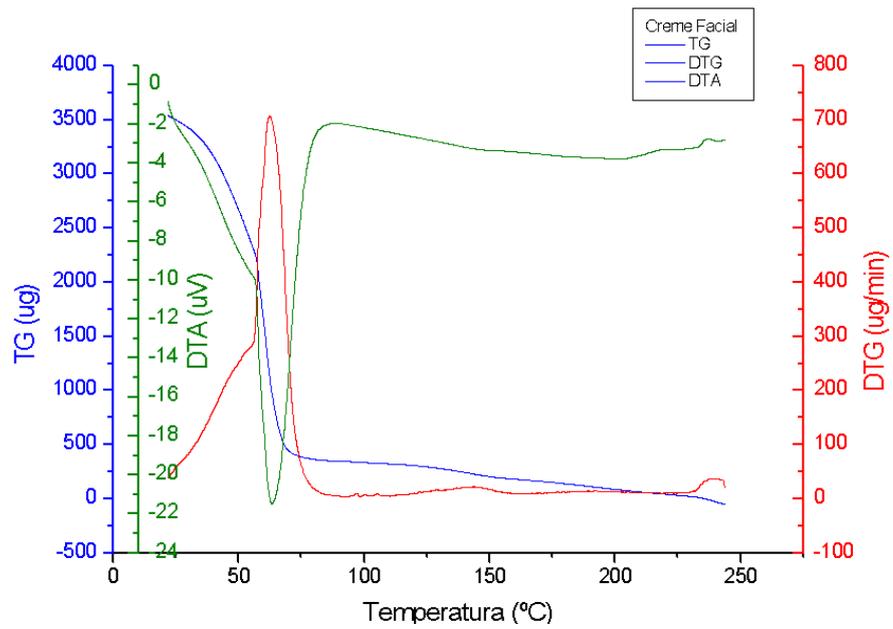
Sabendo-se que L\* indica luminosidade, a\*(sendo+ mais claro e – mais escuro), coordenada vermelho/verde (sendo +a vermelho e –a verde) e b\* coordenada amarelo/azul (sendo +b amarelo e –b azul) verifica-se que, a cor no tempo zero apresenta um produto verde claro que, varia de acordo com cada ambiente ao qual é submetido. Em relação à cor no tempo zero, a estabilidade à luz sob temperatura ambiente mostrou-se excelente, não havendo alterações consideráveis em relação aos parâmetros L\*, a\* e b\*, no entanto, com relação à geladeira, observa-se um produto menos verde e alterações ainda mais consideráveis são observadas no produto exposto à luz solar cuja cor migra para o campo vermelho, onde o parâmetro a\* sai de -0,37 para 8,99. Neste caso, é indicado o ajuste do quelante, a exemplo do EDTA utilizado na formulação, componente que ajuda a manter as propriedades organolépticas do produto com a diminuição do potencial de oxidação da formulação (RABALDINHO, 2019).

### 3.3 Análises Térmica do Creme Facial e da Máscara Facial

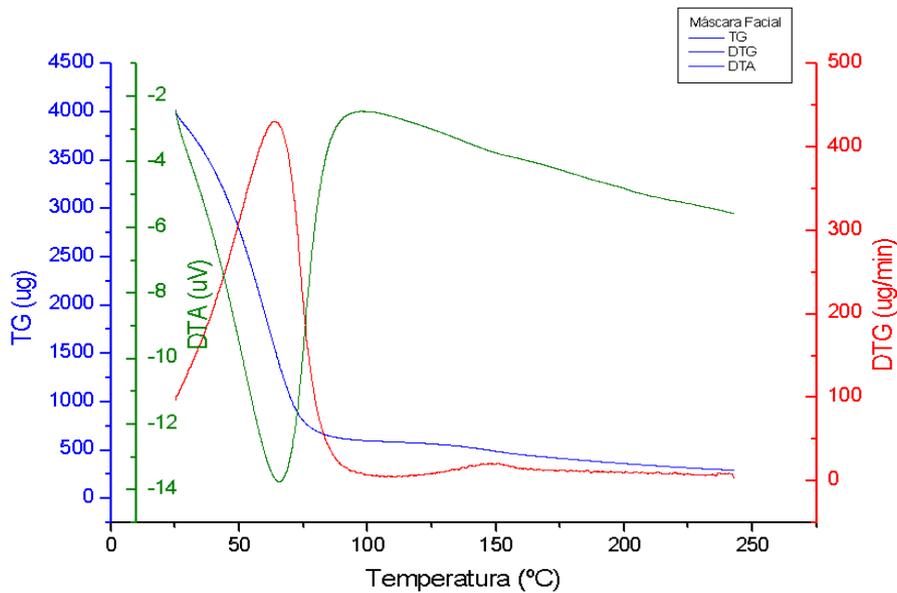
A estabilidade térmica do creme e da máscara facial tem o mesmo comportamento. Como se pode observar na Figura 4, há uma perda progressiva de massa em uma única etapa tanto para o creme facial quanto para a máscara facial. A baixa taxa de aquecimento escolhida para esta análise, 5°C/min, influencia a capacidade de constatação de perda de massa existente. A curva DTA possibilita a observação da diferença de temperatura durante a perda de massa e indica um processo endotérmico que está associado ao evento de evaporação e ao pico agudo da curva DTG que indica a temperatura em que a velocidade de

reação é máxima, há, portanto, uma possibilidade de que a perda de massa no único evento identificado seja referente à evaporação da água uma vez que há uma inflexão da curva na temperatura próxima à temperatura de ebulição da água, ou seja, em torno da temperatura de 100°C.

**Figura 3** – Termograma do (a) creme faciale da (b) máscara facialcontendo pó da folha do noni obtido através de secagem em camada de espuma na temperatura de 50°C com 3% do agente espumante portogel.



(a)



(b)

Fonte: Autora, 2023.

As análises térmicas têm importante relevância na área cosmética e pode ser aplicada tanto no produto acabado quanto na matéria prima, pois possui potencial emprego no desenvolvimento e caracterização de novos produtos (SILVA et al., 2007). Em seu estudo de investigação sobre as mudanças nas propriedades do creme após aplicação tópica, Shalehi et al. (2022) identificaram que as formulações não são estáveis após aplicação na pele devido à evaporação de componentes voláteis, sugerindo uma preocupação antecipada dos formuladores sobre esse aspecto que é pouco discutido e pode ser corrigido com o uso de umectante, pois há eventos de inversão do tipo de emulsão de A/O para O/A e, quando espera-se que a libertação do fármaco ou outras propriedades dos cremes sejam mais estáveis e previsíveis em cremes A/O do que nos tipos O/A, o produto pode não funcionar corretamente.

#### 4 CONCLUSÕES

O noni possui compostos fenólicos que estão diretamente relacionados com a sua capacidade antioxidante. Sugere-se, portanto, a sua utilização na área cosmética uma vez que a atividade antioxidante é indicada para produtos antienvhecimento. É ainda possível concluir com este estudo que as emulsões desenvolvidas com o pó da folha do noni como ingrediente ativo necessitam de cuidados quanto ao transporte e ao manuseio, uma vez que apresentam alterações nas suas características físico-químicas quando expostas às altas temperaturas e luminosidade.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço às minhas orientadoras Dra. Melânia Cornélio e Dra. Josilene Cavalcante que me deram todo o suporte necessário para a conclusão da pesquisa e à todas as pessoas que influenciaram diretamente e indiretamente na conclusão do referido estudo.

#### REFERÊNCIAS

AFAQ, F.; ADHAMI, V. M.; MUKHTAR, H. Photochemoprevention of ultraviolet B signaling and protocarcinogenesis. **Mutation Research**, v. 571, p. 153-173, 2005. DOI: 10.1016/j.mrfmmm.2004.07.019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**. 2015. Disponível em: <https://www.abihpec.org.br/novo/wpcontent/uploads/2015->

PANORAMA-DO-SETOR-PORTUGU%C3%8AS11ago2015.pdf : Acesso em: 29 de maio de 2020.

ALIEXPRESS. **Portable Digital Colorimeter, Color Meter ,color Analyzer Wr-10qc - Colorimeters - AliExpress**. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/i/32727587070.html>>. Acesso em: 7 fev. 2024.

ALMEIDA, E. S. **Conexão nanobiotecnologia e ciência dos alimentos: biossíntese de nanopartículas de prata por extratos crioconcentrados de fluidos alimentares de origem vegetal**. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022

ALMEIDA, R. L.; SILVA, V. V.; PIVELLI, D. P.; MIRANDA, D. V.; SAWADA, T. C. H.; BARROS, S. B. M. B.; ROPKE, C. D. Padronização e determinação da fotoestabilidade do extrato de folhas *Pothomorphe umbellata* L. Miq (pariparoba) e avaliação da inibição in vitro de metalproteínas 2 e 9 na pele. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 1, p. 43-50, 2008.

ALVES, S. B. **Estudo teórico e experimental do processo de secagem do Abacate (*Persea americana* Mill.)**. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

ARAL, S; BEŞE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. **Food chemistry**. v. 210, p. 577-584, 2016.

ARAÚJO, B. C. **Inversão de fases em emulsões usando protocolo de agitação no estado estacionário variando salinidade, tamanho da cadeia hidrofílica do surfatante e concentração de cosurfatante**. 136 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2013.

ARORA, A.; NAIR, M. G.; STRASBURG, G. M. Structure-activity relationships for antioxidant activities of a series of flavonoids in a liposomal system. **Free Radical Biology and Medicine**, v.24, n. 9, p. 1355-1363. 1998. DOI: 10.1016/s0891-5849(97)00458-9

ASRES, K.; EL-FIKY, F. K.; SEYOUM, A. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Phytochem**, v. 67, p. 2058–2070, 2006. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.07.002

ATTWOOD, D.; FLORENCE, A. T. **Princípios físico-químicos em farmácia**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

AULTON, M. E.; TAYLOR, K. M. G. **Delineamento de Formas Farmacêuticas**. 4ª ed. Elsevier. 2016.

BECHER, P. **Encyclopedia of emulsion technology**. New York: M. Dekker, v. 3, 1983.

BERMAR, K. C. de O. **Farmacotécnica - Técnicas de Manipulação de Medicamentos**. São Paulo. 1ª ed. Editora Saraiva, 2014.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2019. 745p. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira>. Acesso em 09 de julho de 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos**. 2020 — Português (Brasil). Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf/view>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - **RDC nº 33**, de 19 de abril de 2000. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0033\\_19\\_04\\_2000.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0033_19_04_2000.html). Acesso em: 14 de julho de 2020.

BRASIL, SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE - SUS. **Roda de Conversa sobre Plantas Medicinais**. Distrito Federal: Núcleo de Farmácia de Manipulação em Planaltina, 2019.

BRASIL. **Informe no 25 de 2007**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa/Ministério da Saúde, 27 ago. 2021. Disponível em: <[https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes/copy\\_of\\_25de2007](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes/copy_of_25de2007)>. Acesso em: 7 nov. 2023

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de estabilidade de produtos cosméticos. Brasília: ANVISA, 2004. 52 p.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; ARGANDOÑA, E. J. A. Efeito da Desidratação Foam Mat na Retenção da vitamina C da polpa de Cajá-manga. *Alimentos e Nutrição – Braz. J. of Food and Nutrition*, v. 24, n. 2, p.189-193. 2013.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of American Chemical Society*, v.60, n.2, p.309-319, 1938.

CALAMOTE, I. S. M. **Desenvolvimento de formulações antienvhecimento constituídas por fitoquímicos para administração cutânea**. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias da Saúde) - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Lisboa, 2022.

CAGLIARI, A.; MARTINY, T. R.; NASCIMENTO, R.; MORAIS, M. M.; ROSA, G. S. Efeitos de diferentes condições de secagem no potencial bioativo da folha de oliveira de origem brasileira. *Brazilian Journal of Food Technology*., v. 25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.14721>

CAMPOS, C. E. M. et al. Aplicação de extrato aquoso de sorgo para elaboração de cobertura comestível de folhas de ora-pro-nóbis minimamente processado. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e41510212578-e41510212578, 2021.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. *Journal of Food Science*, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CATANEO, C. B. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. *Redalyc*, p. 97–98, 21 dez. 2007.

CHAN-BLANCOA, Y.; VAILLANTB, F.; PEREZB, A. M.; REYNESC, M. BRILLOUETC, J.; BRAT, P. **The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties**, v. 19, p. 645–654. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.10.001>

CHINNAN, M. S., BEAUCHAT, L. R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, London: Academic Press Ltd. v. 18, p. 83-88, 1985.

CHOI, S.-C.; YOUN, Y. H. Anti-Wrinkling Effect of Noni (*Morinda citrifolia*) by Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties. **Journal of People, Plants, and Environment**, v. 23, n. 2, p. 191–199, 30 abr. 2020.

CLEMENTINO DA SILVA, E. et al. Análise térmica aplicada à cosmetologia. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 43, 2007.

CORRÊA, M. A. **Cosmetologia: Ciência e Técnica**. São Paulo, Editora Medfarma, 1ed, 2012.

COSTA, W. S. **Desenvolvimento e caracterização de emulsões contendo óleo de gueroba**. Rio Verde, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia de Alimentos. Instituto Federal Goiano. Rio Verde, 2022.

COTELLE, N. Role of flavonoids in oxidative stress. **Current Topics in Medicinal Chemistry**. 2001. 1, 569–590. DOI: <https://doi.org/10.2174/1568026013394750>

CRUZADO ESCOBAR, K. L. **Efecto Antioxidante De Una Crema A Base De Extracto Etanólico De Morinda Citrifolia (Noni)**. Tese—Universidade Privada De Huancayo “Franklin Roosevelt”: [s.n.].

CUNHA, A. P.; SILVA, A. P.; ROQUE, O. R.; CUNHA, E. **Plantas e produtos vegetais em cosmética e dermatologia**. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de alimentos de Fennema**. 5ª. ed. Artmed, 2019.

DI STASI, L. C. **Plantas medicinais: arte e ciência: um guia de estudo interdisciplinar**. 1ª Ed. UNESP, 1996.

DRAELOS, Z. D. **Cosmecêuticos**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

DRAELOS Z. Cosmeceuticals Efficacy and Influence on Skin Tone. **Dermatologic Clinics**, v. 32, p. 137-43, 2014.

ERBAY, Z., & ICIER, F. Thin-layer drying behaviors of olive leaves (*Olea europaea* L.). **Journal of Food Process Engineering**, v. 33, n. 2, p. 287-308, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00275.x>

FARIAS, V. A. D. **Potencial De Peptidases Cisteínicas Do Purê De Noni (*Morinda Citrifolia* L.) Na Hidrólise De Proteínas Do Glúten De Trigo E Avaliação De Sua Segurança Alimentar**. Tese—Universidade Federal do Ceará: [s.n.].

FERNANDEZ, P. et al. Nanoemulsions formation by emulsions phase inversion. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, n. 251, p. 53-58, 2004.

FERREIRA, A.O. **Guia prático da Farmácia Magistral**. 3. ed. São Paulo: Pharmabooks; 2008.

FRANCA, C. C. V. **Percepção de produtores de cosméticos verdes e consumidores sobre a certificação natural, orgânica e vegana no contexto da nova economia institucional**. 136 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FRANCO, T. S.; PERUSSELLO, C. A.; ELLENDERSEN, L. N.; & MASSON, M. L. **Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder**. *LWT-Food Science and Technology*. 2016. 66, 503-513.

GANCEVICIENE, R.; LIAKOU, A. I.; THEODORIDIS, A.; MAKRANTONAKI, E.; ZOUBOULIS, C. C. Skin anti-aging strategies. *Dermato-endocrinology*, v. 4, n. 3, p.308-319, 2012. DOI: 10.4161/derm.22804

GRIFFIN, W. Classification of surface-active agents by “HBL”. *Journal os the SCC*, c. 1, p. 311 – 326, 1949.

IAL. Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**.1ª ed. Digital. São Paulo, 2008

INADA, A. C. **Avaliação Do Extrato Aquoso Dos Frutos De Morinda Citrifolia Linn. (Noni) Nas Alterações Metabólicas Em Camundongos Swiss Alimentados Com Dieta Rica Em Lipídios E Frutose**. Tese—Universidade Federal de Mato Grosso do Sul: [s.n.].

INDRASTUTI, V. S.; BUDIMAN, A. FORMULASI DAN Uji IRITASI SEDIAAN KRIM EKSTRAK AKAR MENGGUDU (*Morinda citrifolia L*) SEBAGAI PEWARNA RAMBUT. repository.ump.ac.id, 15 ago. 2019.

ISO. Autres Organismes Élaborant des Normes ou des Guides: **CIE – Commission Internationale de l'éclairage**. Disponível em: <https://www.iso.org/fr/committee/55238.html>. Acesso em: 12 jun. 2021.

JOSHI, L.S., PAWAR, H. A. - Herbal Cosmetics and Cosmeceuticals: An Overview. *Natural Products Chemistry & Research*, v. 3, n. 2, 2015.

JONES, L. V.; PERYAM, D. R.; THURSTONE, L. L. Development of a scale for measuring soldier's food preferences. *Food Research*, v. 20, p. 512-520. 1955.

JUEZ J.; GIMIER, L. **Ciência cosmética: bases fisiológicas y criterios prácticos**. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. 1995.

KURITA, B. M. **Efeito cicatrizante e mecanismos subjacentes de uma proteína isolada das sementes de Noni Morinda citrifolia l. (rubiaceae) em queimaduras superficiais em camundongos**. Tese—Universidade Federal do Ceará: [s.n.].

KUROZAWA, L. E.; EL-AOUAR, A. A. MURR, F. E. X. Obtenção de isoterma de dessecamento de cogumelo in natura e desidratado osmoticamente. *Food Science and Technology*, v. 25, n. 4, p. 828-834, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400033>

KYI, O.; CHO OO, C.; NI, K. Evaluation Of Noni (*Morinda Citrifolia L.*) Extract And Its Applications In Cosmetic And Medicinal Products. *J. Myanmar Acad. Arts Sci*, v. 1, n. 1, 2018.

LEAL, A. K.; GERALDI, C. A. Q.; KLASSEN, T. **Influência da temperatura de secagem através do método de camada de espuma, na concentração de ácido ascórbicos, nas polpas dos frutos de abacaxi, acerola e carambola**. 2016. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química

LIMA, A. C. F. **Secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da folha do noni (Morinda citrifolia L.)**. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) –Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

MADEIRO, A. A. S.; LIMA, C. R. Estudos etnofarmacológicos de plantas medicinais utilizadas no Brasil: revisão de literatura. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 3, n.1, p. 69-76, 2015.

MAROULIS, Z. B., TSAMI, E., MARINOS-KOURIS, D. Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 7, p.63- 78, 1988.

MEZA, C. S. R. et al. Efecto cicatrizante en incisiones periodontales por extracto hidroalcohólico de Morinda citrifolia. **Revista VIVE**, v. 6, n. 17, p. 464–481, 8 maio 2023.

MOTA, D.; NUNES, L.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, L.; SILVA, A.; SOUSA, A. Cosméticos: ação e reação. **Revista Interfaces**, v. 2, n. 4, 2014.

MULET, A.; GARCIA-PASCUAL, P.; SANJUÁN, N; GARCIA-REVERTER, J. Equilibrium isotherms and isosteric heats of morel (*Morchella esculenta*). **Journal of Food Engineering**, London, v.53, p.75-81. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00142-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00142-X)

NÓBREGA, A. L.; UGULINO, P. T. D.; CAJÁ, D. F.; DANTAS, A. E. F. A importância da orientação dos profissionais das equipes de saúde da família acerca do uso da fitoterapia. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 7, n. 1, p. 43-48, 2017.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

OLIVEIRA, V. P.; ESPESCHIT, A. C. R.; PELUZIO, M.C. G. Flavonóides e doenças cardiovasculares: ação antioxidante. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 16, n. 4, p. 234-8. 2006.

PANNALA, A.S., CHAN, T.S., O'BRIEN, P.J., RICE-EVANS, C.A. Flavonoid B-ring chemistry and antioxidant activity: fast reaction kinetics. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 2001. 282, 1161–1168. DOI: 10.1006/bbrc.2001.4705

PALIOTO, G. F. et al. Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 59–66, mar. 2015.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus sp.*) Com e sem desidratação osmótica. **Food Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001. DOI:10.1590/S0101-20612001000100016

PEREIRA, H. A.; KAFER, G. A.; WYREPKOWSK, C. C. Triagem fitoquímica de plantas medicinais do bioma Pampa, da microregião da campanha ocidental do Estado do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n. 4, p. 28045-28054, 2022.

PEREIRA, J. P. R. **Análise Quantitativa de Flavonoides no Extrato da espécie *Punica granatum* L. (romã)**. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2022.

PEREIRA, V. T.; CORREIA, D. **Cosméticos: uma proposta didática para as aulas de funções orgânicas do ensino médio**. Anais do IntegraEaD, v. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/IntegraEaD/article/view/11723>. Acesso em: 08 de julho de 2022.

POLA, C. C. et al. EFEITO DO PROCESSAMENTO NA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO NONI (*Morinda citrifolia*). **Centro Científico Conhecer**, v. 7, p. 12, 2011.

PONTES, E. D. S. et al. Propriedades antioxidantes dos extratos da flor e da folha de malvavisco. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, n. 1, p. 26755, 2021.

RABALDINHO, Andreia Gomes Carreira. **Estudo dos Fenômenos de Oxidação em Produtos Cosméticos**. 2019. Tese de Doutorado.

RAMMÊ, R. S. **A proibição de testes em animais na produção de cosméticos no brasil: análise da recente jurisprudência do supremo tribunal federal**. 2022. Disponível em: [https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2022/2/2022\\_02\\_0815\\_0854.pdf](https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2022/2/2022_02_0815_0854.pdf). Acesso em 29 de maio de 2022.

REBELLO, T. **Guia de Produtos cosméticos**. Senac, São Paulo. 2005

RODRIGUES, L. S.; SILVA, A. R. A. DA; MACÊDO, A. A. M. Noni (*Morinda citrifolia* Linn.): Determinação Fitoquímica e Potencial Antioxidante pelo Método DPPH. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 4, p. 47, 21 dez. 2017.

RODRIGUES, V.N.; BACH, F. Avaliação do potencial antioxidante e antimicrobiano do extrato hidroetanólico das folhas de moringa (*Moringa oleífera* Lam.). **ANAIS DO ENIC**, 2023.

ROSIDAH; LILI, W.; PRATIWY, F. M. A mini-review: **Potential utilization of *Morinda citrifolia* for health and growth of fish**. 2022. Disponível em <https://docplayer.net/227521719-A-mini-review-potential-utilization-of-morinda-citrifolia-for-health-and-growth-of-fish.html> Acesso em 30 de abril de 2022.

RUFINO, M. DO S. M. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

RUFINO, M. D. S. et al. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH Introdução**. Embrapa, p. 4, 2007.

SALAGER, J. L. Emulsion properties and related know-how to attain them, In: Nielloud F. e Marti-Mestres G., **Pharmaceutical Emulsions and Suspensions**. Nova York, USA, Marcel Dekker, 2000.

SALEHI, N.; MORTAZAVI, S. M.; MOGHIMI, H. Investigating the Changes in Cream Properties Following Topical Application and Their Influence on the Product Efficiency. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, v. 21, n. 1, 30 mar. 2022.

SALIMA, M.; SAEEDA, A.; IQBALB, M.; KHANB, B. A.; KHANB, N.; RABBANIC, I.; ALSEANANID, F.; RASULE, A. Phytochemical screening and evaluation of antioxidant, total phenolic and flavonoid contents in various weed plants associated with wheat crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256486>

SANG, S.; CHENG, X.; ZHU, N.; STARK, R. E.; BADMAEV, V.; GHAI, G.; ROSEN, R. T.; HO, C. Flavonol Glycosides and Novel Iridoid Glycoside from the Leaves of *Morinda citrifolia*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4478–4481, 2001.

SERAFINI, M. R. **Morinda Citrifolia como agente fotoprotetor. 96 p. Tese de Doutorado.** Programa de pós-graduação em Medicina. Universidade Federal de Sergipe São Cristovão,, 2013.

SHASHIKUMAR, P.; NISHA, S.; DAS, D.; DEBANTH, K.; KANTHAL, L. K.; PATTANAYAK, S. Effect of *Morinda citrifolia* L. Mouthwash on Periodontal Health in Type 2 Diabetes Mellitus Patients – A Randomized Controlled Trial. **International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases**. 2022. 7-13. DOI: 10.4103/ijnpnd.ijnpnd\_66\_21

SILVA, A. B. **Síntese e caracterização de nanoemulsão de óleo de canola e nanopartículas de quitosana contendo acetato de retinol para serem veiculadas por película comestível elaborada pela combinação de biopolímeros para revestimento de frutas.** 95 p. Dissertação (mestrado) — Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Nanociência e Nanobiotecnologia - Distrito Federal. 2015.

SILVA, R. A. **Avaliação do efeito de *Morinda citrifolia* (noni) na oftalmologia veterinária.** Dissertação—Universidade Estadual do Maranhão: [s.n.].

envejecimiento de lapiel. *Iatreia*, v. 30, n. 2, p. 160-170, 2017.

STENCL, J. **Modelling the water sorption isotherms of yoghurt powder spray.** **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 65, p. 157-164. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2003.09.002>.

SU, B.; PAUWLUS, A. D.; JUNG, H.; KELLER, W. J.; McLAUGHLIN, J. L.; KINGHORN D. Chemical constituents of the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) and their antioxidant activity. **Journal of Natural Product**, v. 68, p. 592-595, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/np0495985>

TAKASHIMA, J.; IKEDA, Y.; KOMIYAMA, K.; AYASHI, M. H.; ISHIDA, A. K.; HSAKI, A. O. **New Constituents from the Leaves of *Morinda citrifolia*.** **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 55, n. 2, p. 343 – 345, 2007

TAKATSUI, F. **Sistema CIE LAB: Análise Computacional.** Dissertação. São Paulo. 2011

TANG, S. Y.; HALLIWELL, B. Medicinal plants and antioxidants: What do we learn from cell culture and *Caenorhabditis elegans* studies. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 394, p 1-5, 2010.

THOMPSON, Judith E. **A prática farmacêutica na manipulação de medicamentos.** Porto Alegre: Artmed, 2006.

TRAN, V. V.; NGUYEN, T. L.; MOON, J. Y.; LEE, Y. C. Core-shell materials, lipid particles and nanoemulsions, for delivery of active antioxidants in cosmetics applications: challenges and development strategies. **Chemical Engineering Journal**, n. 368, p. 88–114, 2019.

VARGAS, Aline Garcias de et al. Influência da sazonalidade na composição química e nas atividades antioxidante e antimicrobiana das folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller). 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

VIEIRA, L. A. S. L.; SOUZA, R. B. A. Ação dos antioxidantes no combate aos radicais livres e na prevenção do envelhecimento cutâneo. **Revista Multidisciplinar de psicologia**. v.13, n. 48 p. 408-418, 2019.

WANG, M. Y.; WEST, B. J.; JENSEN, C. J. NOWICKI, D.; CHEN, S. U.; PALU, A. K.; ANDERSON, G. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacological Sinica**, v. 23, n. 1 -2, p. 1127-1141, 2002.

WEST, B. J.; SU, C. X.; JENSEN, C. J. Prenatal toxicity test of *Morinda citrifolia* (noni) fruit **The Journal of Toxicological Sciences**, v. 33, n. 5, p. 647-9, 2008.

ZANON, A. B. **Aspecto Teórico e prático sobre a avaliação da estabilidade de emulsão manipuladas em farmácia**. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2010.

ZHANG, K. et al. Noni (*Morinda citrifolia* L.) wine prevents the oxidative stress and obesity in mice induced by high-fat diet. **Journal of Food Biochemistry**, v. 44, n. 11, 9 set. 2020.

## 6 CONCLUSÕES

- Os pós da folha do noni obtido por secagem em camada de espuma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C apresentaram alta higroscopicidade, apresentando atividade de água ( $A_w$ ) que variou de 0,098 a 0,969. Os resultados apresentados indicam que o material exposto à ambiente úmido absorve muita umidade em um curto espaço de tempo, havendo a necessidade de armazenamento em locais de baixa umidade para que seja conservado por mais tempo;
- O modelo de Oswin apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, podendo ser utilizado para prever as isotermas de adsorção de umidade da folha do noni em pó;
- As isotermas foram classificadas como sendo do Tipo III da classificação IUPAC;
- A energia necessária para a remoção de água presente no pó da folha do noni decresce com o aumento da umidade de equilíbrio, indicando que, quanto maior a atividade de água, menor a energia necessária para o processo devido a espontaneidade desse e a temperatura de secagem para a obtenção dos pós tem grande influência neste método, uma vez que, quanto maior essa última, menor energia será necessária para a remoção da água do produto;
- O comportamento térmico em atmosfera inerte do pó da folha do noni é o mesmo quando comparado nas mesmas taxas de aquecimento o que indica que as condições de obtenção do pó não influenciam no seu processo de decomposição;
- O efeito da temperatura indicou uma perda gradual de massa para o pó da folha do noni em todas as amostras estudadas, o que indica que as amostras são termicamente instáveis já que, para que seja constatada a estabilidade;
- A decomposição ocorre em três etapas;
- A energia mínima necessária para que ocorram as reações varia conforme a taxa de aquecimento, ou seja, quanto maior a taxa de aquecimento, mais rapidamente ocorre a reação;
- A  $E_a$  determinada não apresentou diferenças significativas entre as amostras, indicando que as condições experimentais utilizadas para a obtenção do pó não exerceram influência no processo de degradação;
- Os modelos matemáticos utilizados neste estudo são eficazes na predição da Energia de Ativação apresentando bons valores de  $R^2$ .

- As folhas do noni possibilitaram o desenvolvimento de formulações estáveis e agradáveis que atendem aos requisitos organolépticos e sensoriais de uma preparação cosmética.

## REFERÊNCIAS

- AFAQ, F.; ADHAMI, V. M.; MUKHTAR, H. Photochemoprevention of ultraviolet B signaling and protocarcinogenesis. **Mutation Research**, v. 571, p. 153-173, 2005. DOI: 10.1016/j.mrfmmm.2004.07.019
- ALI, M.; KENGANORA, M.; MANJULA, S. N. Health Benefits of Morinda citrifolia (Noni): A Review. **Pharmacognosy Journal**.2016. v. 8, n. 4, p. 321–334.
- ALMEIDA, É. S.; OLIVEIRA, D.; HOTZA, D. Properties and Applications of Morinda citrifolia (Noni): A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2019. v. 18, n. 4, p. 883–909.
- ALMEIDA, E. S. **Conexão nanobiotecnologia e ciência dos alimentos: biossíntese de nanopartículas de prata por extratos crioconcentrados de fluidos alimentares de origem vegetal**. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022
- ALMEIDA, R. L.; SILVA, V. V.; PIVELLI, D. P.; MIRANDA, D. V.; SAWADA, T. C. H.; BARROS, S. B. M. B.; ROPKE, C. D. Padronização e determinação da fotoestabilidade do extrato de folhas *Pothomorphe umbellata* L. Miq (pariparoba) e avaliação da inibição in vitro de metalproteinases 2 e 9 na pele. **Brazilian Journal os Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 1, p. 43-50, 2008.
- ALVES, S. B. **Estudo teórico e experimental do processo de secagem do Abacate (*Persea americana* Mill.)**. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.
- ARAL, S; BEŞE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. **Food chemistry**. v. 210, p. 577-584, 2016.
- ARAÚJO, B. C. **Inversão de fases em emulsões usando protocolo de agitação no estado estacionário variando salinidade, tamanho da cadeia hidrofílica do surfatante e concentração de cosurfatante**. 136 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2013.
- ARAÚJO, K. T. A. **PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS E SECAGEM DA POLPA DE NONI E UMBU**. DISSERTAÇÃO — Universidade Federal De Campina Grande Pró-Reitoria De Pós-Graduação E Pesquisa Centro De Tecnologia E Recursos Naturais Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola: [s.n.].
- ARORA, A.; NAIR, M. G.; STRASBURG, G. M. Structure-activity relationships for antioxidant activities of a series of flavonoids in a liposomal system. **Free Radical Biology and Medicine**, v.24, n. 9, p. 1355-1363. 1998. DOI: 10.1016/s0891-5849(97)00458-9

ASRES, K.; EL-FIKY, F. K.; SEYOUM, A. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Phytochem**, v. 67, p. 2058–2070, 2006. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.07.002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**. 2015. Disponível em: <https://www.abihpec.org.br/novo/wpcontent/uploads/2015-PANORAMA-DO-SETOR-PORTUGU%C3%8AS11ago2015.pdf> : Acesso em: 29 de maio de 2020.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. [S.l.]: Bookman Editora, 2018. p. 621.

ATTWOOD, D.; FLORENCE, A. T. **Princípios físico-químicos em farmácia**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

AULTON, M. E.; TAYLOR, K. M. G. **Delineamento de Formas Farmacêuticas**. 4ª ed. Elsevier. 2016.

BATISTA, P. A; NASCIMENTO, S. P.; BARROS, R.S.; SILVA, P. N. J. Estudo das Isotermas de Dessorção das Espumas da Polpa do Noni (*Morinda Citrifolia* L.) / A study of the Desorption Isotherms of Noni (*Morinda Citrifolia* L.) Foam Pulp. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 55222–55239, 2020.

BECHER, P. **Encyclopedia of emulsion technology**. New York: M. Dekker, v. 3, 1983.

BERMAR, K. C. de O. **Farmacotécnica - Técnicas de Manipulação de Medicamentos**. São Paulo. 1ª ed. Editora Saraiva, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária -ANVISA. **Orientações sobre o uso de fitoterápicos e plantas medicinais**. Ministério da Saúde. [S.l.]: [s.n.], 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/publicacoes-sobre-medicamentos/orientacoes-sobre-o-uso-de-fitoterapicos-e-plantas-medicinais.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2023. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Vigilância Sanitária Estadual alerta sobre os riscos do consumo da planta Noni**. 2015. Disponível em: <<https://www.saude.ms.gov.br/vigilancia-sanitaria-estadual-alerta-sobre-os-riscos-do-consumo-da-planta-noni/>>. Acesso em: 3 ago. 2023.

BRASIL. Biodiversidade. **Ministério do Meio Ambiente**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>>. Acesso em: 14 set. 2023.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2019. 745p. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira>. Acesso em 09 de julho de 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 33, de 19 de abril de 2000**. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0033\\_19\\_04\\_2000.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0033_19_04_2000.html). Acesso em: 14 de julho de 2020.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; ARGANDOÑA, E. J. A. Efeito da Desidratação Foam Mat na Retenção da vitamina C da polpa de Cajá-manga. **Alimentos e Nutrição – Braz. J. of Food and Nutrition**, v. 24, n. 2, p.189-193. 2013.

BRONZO, D. K.; SANTOS, C. C. **Estudo do potencial citotóxico da morinda citrifolia e da calotropis procera frente as linhagens tumorais hct-116, pc-3 e snb-19 universidade federal rural do semiárido -ufersa curso de bacharelado em ciência e tecnologia**. [S.l.]: [s.n.], 2018. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/0b79269b-994c-434a-8ea3-52bc0845551d/content>>. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.;TELLER, E. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. **Journal of the American Chemical Society**, v. 60, p. 309-319, 1938.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ja01269a023>

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Chemical Society**, v.60, n.2, p.309-319, 1938.

CANABARRO, N. I. **Secagem convectiva de folhas visando a obtenção de compostos bioativos via extração supercrítica**. Universidade Federal de São Carlos: [s.n.], 2019. Tese de Doutorado. Disponível em:  
<[https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11432/Canabarro\\_Nicholas\\_Tese.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11432/Canabarro_Nicholas_Tese.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 14 set. 2023.

CARVALHO, A. M. et al. The Brazilian market of herbal medicinal products and the impacts of the new legislation on traditional medicines. **Journal of Ethnopharmacology**, 15 fev. 2018. v. 212, p. 29–35. Acesso em: 25 abr. 2023.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CALAMOTE, I. S. M. **Desenvolvimento de formulações antienvhecimento constituídas por fitoquímicos para administração cutânea**. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias da Saúde) - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Lisboa, 2022.

CAGLIARI, A.; MARTINY, T. R.; NASCIMENTO, R.; MORAIS, M. M.; ROSA, G. S. Efeitos de diferentes condições de secagem no potencial bioativo da folha de oliveira de origem brasileira. **Brazilian Journal of Food Technology**., v. 25, 2022. DOI:  
<https://doi.org/10.1590/1981-6723.14721>

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CATANEO, C. B. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Redalyc**, p. 97–98, 21 dez. 2007.

CERPES. Sistema Único de Saúde. **Roda de Conversa sobre Plantas Medicinais**. 2019. Disponível em:  
<<https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/1118391/FOLHETONONI.pdf/f9db0cbf-17f7-68c2-a142-de0e0760afc1?t=1652136745880>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Chemistry**. 11. ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2013. p. 13.

CHAN-BLANCOA, Y.; VAILLANTB, F.; PEREZB, A. M.; REYNESC, M. BRILLOUETC, J.; BRAT, P. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): **A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties**, v. 19, p. 645–654. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.10.001>

CHEIN, F. **Introdução aos modelos de regressão linear: um passo inicial para compreensão da econometria como uma ferramenta de avaliação de políticas públicas ENAP BRASÍLIA**. [s.l: s.n.]. Disponível em: [https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4788/1/Livro\\_Regress%C3%A3o%20Linear.pdf](https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4788/1/Livro_Regress%C3%A3o%20Linear.pdf) . Acesso em: 10 ago. 2023.

CHINNAN, M. S.; BEAUCHAT, L. R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.18, p.83-88, 1985.

CHINAZA, G. A. Plants, phytochemicals, and natural practices in complementary and alternative system of medicine for treatment of central nervous system disorders. **International Journal of Food Properties**, v. 26, n. 1, p. 1190–1213, 2023.

COSTA, N. A. et al. **Modelagem Matemática da Termodinâmica Química**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2021. p. 591–609

CHINNAN, M. S., BEAUCHAT, L. R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London: Academic Press Ltd. v. 18, p. 83-88, 1985.

CLEMENTINO DA SILVA, E. et al. Análise térmica aplicada à cosmetologia. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 43, 2007.

COSMETOLOGIA DO BEM TREINAMENTOS LTDA. **Programa Cosmetologia do Bem**. Nova Lima, MG.

COSTA, W. S. **Desenvolvimento e caracterização de emulsões contendo óleo de gueroba**. Rio Verde, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia de Alimentos. Instituto Federal Goiano. Rio Verde, 2022.

COTELLE, N. Role of flavonoids in oxidative stress. **Current Topics in Medicinal Chemistry**. 2001. 1, 569–590. DOI: <https://doi.org/10.2174/1568026013394750>

CUNHA, A. P.; SILVA, A. P.; ROQUE, O. R.; CUNHA, E. **Plantas e produtos vegetais em cosmética e dermatologia**. Lisboa. Fundação Caalouste Gulbenkian, 2004.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de alimentos de Fennema**. 5ª. ed. Artmed, 2019.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2019. p. 64–67

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 900

DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. **Princípios e Aplicações de Análise Térmica. Universidade De São Paulo Instituto De Química De São Carlos**. [S.l.]: [s.n.], 2012. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-04042013-151955/publico/GabrielaBuenoDenari\\_Revisado\\_Anexo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-04042013-151955/publico/GabrielaBuenoDenari_Revisado_Anexo.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

DIAS, S. L. P; VAGHETTI, J. C. P; LIMA, E. C.; BRASIL, J. L.; PAVAN, F.A.. **Química Analítica: Teoria e Prática Essenciais**. [S.l.]: Bookman Editora, 2016.

DI STASI, L. C. **Plantas medicinais: arte e ciência: um guia de estudo interdisciplinar**. 1ª Ed. UNESP, 1996.

DRAELOS, Z. D. **Cosmecêuticos**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

DRAELOS Z. Cosmeceuticals Efficacy and Influence on Skin Tone. **Dermatologic Clinics**, v. 32, p. 137-43, 2014.

ELPÍDIO, C. M. De A. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte tese de doutorado secagem da ameixa pelo método de camada de espuma: otimização dos parâmetros e caracterização do produto. Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. [S.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/32479/1/Secagemameixametodo\\_Elpidio\\_2020.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/32479/1/Secagemameixametodo_Elpidio_2020.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

ERBAY, Z., & ICIER, F. Thin-layer drying behaviors of olive leaves (*Olea europaea* L.). **Journal of Food Process Engineering**, v. 33, n. 2, p. 287-308, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00275.x>

FERNANDEZ, P. et al. Nanoemulsions formation by emulsions phase inversion. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, n. 251, p. 53-58, 2004.

FERREIRA, A.O. **Guia prático da Farmácia Magistral**. 3. ed. São Paulo: Pharmabooks; 2008.

FRANCA, C. C. V. **Percepção de produtores de cosméticos verdes e consumidores sobre a certificação natural, orgânica e vegana no contexto da nova economia institucional**. 136 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FRANCO, T. S.; PERUSSELLO, C. A; ELLENDERSEN, L. N; & MASSON, M. L. Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. **LWT-Food Science and Technology**. 2016. 66, 503-513.

GALEMBECK, F.; CSORDAS, Y. **Cosméticos: a química da beleza**. Disponível em: <https://fisiosale.com.br/assets/9no%C3%A7%C3%B5es-de-cosmetologia-2210.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

GANCEVICIENE, R.; LIAKOU, A. I.; THEODORIDIS, A.; MAKRANTONAKI, E.; ZOUBOULIS, C. C. Skin anti-aging strategies. **Dermato-endocrinology**, v. 4, n. 3, p.

308-319, 2012. DOI: 10.4161/derm.22804

GIULIETTI, A. et al. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil.

**MEGADIVERSIDADE**, 2005. v. 1. Disponível em:

<[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/2010/Biologia/artigos/biodconservacao.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Biologia/artigos/biodconservacao.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

GRIFFIN, W. Classification of surface-active agents by “HBL”. **Journal os the SCC**, c. 1, p. 311 – 326, 1949.

IAL. Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**.1ª ed. Digital. São Paulo, 2008

JOSHI, L.S., PAWAR, H. A. - Herbal Cosmetics and Cosmeceuticals: An Overview. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 3, n. 2, 2015.

JONES, L. V.; PERYAM, D. R.; THURSTONE, L. L. Development of a scale for measuring soldier's food preferences. **Food Research**, v. 20, p. 512-520. 1955.

JUEZ J.; GIMIER, L. Ciência cosmética: bases fisiológicas y criterios prácticos. **Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos**. 1995.

KUMAR, G. et al. Foam mat drying: Recent advances on foam dynamics, mechanistic modeling and hybrid drying approach. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1–17, 5 abr. 2022.

KUROZAWA, L. E.; EL-AOUAR, A. A. MURR, F. E. X. **Obtenção de isotermas de dessecção de cogumelo in natura e desidratado osmoticamente**. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 828-834, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400033>

LEAL, A. K.; GERALDI, C. A. Q.; KLASSEN, T. **Influência da temperatura de secagem através do método de camada de espuma, na concentração de ácido ascórbicos, nas polpas dos frutos de abacaxi, acerola e carambola**. 2016. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química

LIMA, A. C. F. **Secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da folha do noni (*Morinda citrifolia* L.)**. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) –Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

LIMA, A. C. F. et al. **Processo de obtenção do pó da folha de noni**. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR 10 2019 020099 5. Depósito: 26 set. 2019.

MADEIRO, A. A. S.; LIMA, C. R. Estudos etnofarmacológicos de plantas medicinais utilizadas no Brasil: revisão de literatura. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 3, n.1, p. 69-76, 2015.

MAROULIS, Z. B., TSAMI, E., MARINOS-KOURIS, D. Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 7, p.63- 78, 1988.

- MENCZEL, J. D.; PRIME, R. B. **Thermal analysis of polymers : fundamentals and applications**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., Cop, 2009. p. 140–142.
- MENEZES, L. S. D. **Secagem em leito de espuma (foam-mat drying) aplicada em alimentos: uma revisão**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36367/1/SecagemEmLeito.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- MESA-ARANGO, A.C.; FLÓREZ-MUÑOZ, S.V.; SANCLEMENTE, G. Mecanismos de envejecimiento de lapiel. **Iatreia**, v. 30, n. 2, p. 160-170, 2017.
- MOREIRA, T. B. et al. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093–1098, out. 2013.
- MOTA, D.; NUNES, L.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, L.; SILVA, A.; SOUSA, A. Cosméticos: ação e reação. **Revista Interfaces**, v. 2, n. 4, 2014.
- MULET, A.; GARCIA-PASCUAL, P.; SANJUÁN, N; GARCIA-REVERTER, J. Equilibrium isotherms and isosteric heats of morel (*Morchella esculenta*). **Journal of Food Engineering, London**, v.53, p.75-81. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00142-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00142-X)
- NÓBREGA, A. L.; UGULINO, P. T. D.; CAJÁ, D. F.; DANTAS, A. E. F. A importância da orientação dos profissionais das equipes de saúde da família acerca do uso da fitoterapia. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 7, n. 1, p. 43-48, 2017.
- OLENDER, A. **Tabelas Termodinâmicas**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7944165/mod\\_resource/content/1/Tabelas%20Termodin%C3%A2micas%20-%20USP.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7944165/mod_resource/content/1/Tabelas%20Termodin%C3%A2micas%20-%20USP.pdf)>. Acesso em: 3 set. 2023.
- OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.
- OLIVEIRA, V. P.; ESPESCHIT, A. C. R.; PELUZIO, M.C. G. Flavonóides e doenças cardiovasculares: ação antioxidante. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 16, n. 4, p. 234-8. 2006.
- PALIOTO, G. F. et al. Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 59–66, mar. 2015.
- PANNALA, A.S., CHAN, T.S., O'BRIEN, P.J., RICE-EVANS, C.A. Flavonoid B-ring chemistry and antioxidant activity: fast reaction kinetics. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 2001. 282, 1161–1168. DOI: 10.1006/bbrc.2001.4705
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) Com e sem desidratação osmótica. **Food Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001. DOI:10.1590/S0101-20612001000100016

PEREIRA, H. A.; KAFER, G. A.; WYREPKOWSK, C. C. **Triagem fitoquímica de plantas medicinais do bioma Pampa, da microregião da campanha ocidental do Estado do Rio Grande do Sul. Brazilian Journal of Development**, v.8, n. 4, p. 28045-28054, 2022.

PEREIRA, J. P. R. **Análise Quantitativa de Flavonoides no Extrato da espécie *Punica granatum* L. (romã)**. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2022.

PEREIRA, V. T.; CORREIA, D. Cosméticos: uma proposta didática para as aulas de funções orgânicas do ensino médio. **Anais do IntegraEaD**, v. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/IntegraEaD/article/view/11723>. Acesso em: 08 de julho de 2022.

POLA, C. C. et al. Efeito do processamento na capacidade antioxidante do noni (*Morinda citrifolia*). **Centro Científico Conhecer**, v. 7, p. 12, 2011.

RAMMÊ, R. S. **A proibição de testes em animais na produção de cosméticos no brasil: análise da recente jurisprudência do supremo tribunal federal**. 2022. Disponível em: [https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2022/2/2022\\_02\\_0815\\_0854.pdf](https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2022/2/2022_02_0815_0854.pdf). Acesso em 29 de maio de 2022.

REBELLO, T. **Guia de Produtos cosméticos**. Senac, São Paulo. 2005

RIBEIRO, C. M. C. M. et al. Hygroscopic behavior of spray dried acerola and seriguela mixed juice powder stored. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, jul. 2020.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 3. ed. [s.l.] Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e amor, 2014. p. 71  
MAROULIS, Z. B. et al. Application of the GAB Model to the Moisture Sorption Isotherms for Dried Fruits, **Journal of Food Engineering**, v. 7, n. 1, p. 63-70. 1988.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774\(88\)90069-6](http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774(88)90069-6)

RODRIGUES, L. S.; SILVA, A. R. A. DA; MACÊDO, A. A. M. Noni (*Morinda citrifolia* Linn.): Determinação Fitoquímica e Potencial Antioxidante pelo Método DPPH. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 4, p. 47, 21 dez. 2017.

ROSIDAH; LILI, W.; PRATIWY, F. M. **A mini-review: Potential utilization of *Morinda citrifolia* for health and growth of fish**. 2022. Disponível em <https://docplayer.net/227521719-A-mini-review-potential-utilization-of-morinda-citrifolia-for-health-and-growth-of-fish.html> Acesso em 30 de abril de 2022.

RUFINO, M. D. S. et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH Introdução. **Embrapa**, p. 4, 2007.

RUFINO, M. DO S. M. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SANSOMCHAI, P.; SROYNAK, R.; TIKAPUNYA, T. View of Powder Qualities of Foam-Mat Dried Mango. **Trends Sci.**, v. 20, n. 5, 2023.

SILVA, A. B. S. E et al. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, 29 set. 2021.

SAHU, C.; PATEL, S.; KHOKHAR, D. Sorption behavior and isosteric heat of maize-millet based protein enriched extruded product. **Heliyon**, v. 7, n. 4, p. e06742, abr. 2021.

SALAGER, J. L. Emulsion properties and related know-how to attain them, In: Nielloud F. e Marti-Mestres G., **Pharmaceutical Emulsions and Suspensions**. Nova York, USA, Marcel Dekker, 2000.

SANTOS, S. G. F. DOS et al. Cinética de secagem e propriedades termodinâmicas de fatias de banana maçã tropical (*Musa spp*). **Científica**, v. 49, n. 3, p. 113–113, 29 set. 2021.

SANTOS, T. C. A. DOS. **Análises da espuma da folha do noni (*Morinda Citrifolia L.*) e do seu pó obtido pela secagem em camada de espuma**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso—Universidade Federal da Paraíba.

SALIMA, M.; SAEEDA, A.; IQBALB, M.; KHANB, B. A.; KHANB, N.; RABBANIC, I.; ALSEANANID, F.; RASULE, A. Phytochemical screening and evaluation of antioxidant, total phenolic and flavonoid contents in various weed plants associated with wheat crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256486>

SALEHI, N.; MORTAZAVI, S. M.; MOGHIMI, H. Investigating the Changes in Cream Properties Following Topical Application and Their Influence on the Product Efficiency. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, v. 21, n. 1, 30 mar. 2022.

SANG, S.; CHENG, X.; ZHU, N.; STARK, R. E.; BADMAEV, V.; GHAI, G.; ROSEN, R. T.; HO, C. Flavonol Glycosides and Novel Iridoid Glycoside from the Leaves of *Morinda citrifolia*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4478–4481, 2001.

SERAFINI, M. R. ***Morinda Citrifolia* como agente fotoprotetor**. 96 p. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Medicina. Universidade Federal de Sergipe São Cristóvão,, 2013.

SHASHIKUMAR, P.; NISHA, S.; DAS, D.; DEBANTH, K.; KANTHAL, L. K.; PATTANAYAK, S. Effect of *Morinda citrifolia* L. Mouthwash on Periodontal Health in Type 2 Diabetes Mellitus Patients – A Randomized Controlled Trial. **International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases**. 2022. 7-13. DOI: 10.4103/ijnpnd.ijnpnd\_66\_21

SILVA, A. B. **Síntese e caracterização de nanoemulsão de óleo de canola e nanopartículas de quitosana contendo acetato de retinol para serem veiculadas por película comestível elaborada pela combinação de biopolímeros para revestimento de frutas**. 95 p. Dissertação (mestrado) — Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Nanociência e Nanobiotecnologia - Distrito Federal. 2015.

SILVA, F. G. et al. Influência do processamento pós-colheita e armazenamento na composição química da droga vegetal e do óleo essencial de carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) DC.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, dez. 2010. v. 12, n. 4, p. 436–442.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/vND9WKQMRSZHg9Jd6TyGzVS/?lang=pt>>. Acesso em: 11 set. 2022.

SLOPIECKA, K. Thermogravimetric analysis and kinetic study of poplar wood pyrolysis.

**ScienceDirect**, 2011. Acesso em: 24 out. 2023.

SOARES, L. C. et al. Histomorfologia de órgãos-alvo de ratos diabéticos suplementados com noni (*Morinda citrifolia*). **ConScientiae Saúde**, 28 dez. 2011. v. 10, n. 4, p. 657–664.

Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/saude/article/view/2786/2089>>. Acesso em: 19 set. 2022.

SOUZA, T. P. De; LIONZO, M. I. Z.; PETROVICK, P. R. Avaliação da redução da carga microbiana de droga vegetal através do processamento tecnológico: decocção e secagem por aspersão. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 1 mar. 2006. v. 16, p. 94–98. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/HdJ3QG6WvL9H8SpyvQryXjb/?format=html>>. Acesso em: 4 nov. 2023.

SOUSA, J. A.; BRITO, E. S.; FILHO, M. S. M. S.; AQUINO, A. R. L.; NETO, P. A. F. S. **Noni (*Morinda Citrifolia* L.)**. Embrapa. 2009. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/657236/noni-morinda-citrifolia-l>  
Acesso em: 21 de março de 2022.

SOUZA, H. C. **Apostila Teórica de Cosmetologia**. Apostila do Curso Técnico de Farmácia IMEPACC Araguari – Colégio Profissional 2016.

STENCL, J. Modelling the water sorption isotherms of yoghurt powder spray. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 65, p. 157-164. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2003.09.002>.

SU, B.; PAUWLUS, A. D.; JUNG, H.; KELLER, W. J.; McLAUGHLIN, J. L.; KINGHORN D. Chemical constituents of the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) and their antioxidant activity. **Journal of Natural Product**, v. 68, p. 592-595, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/np0495985>

TAKASHIMA, J.; IKEDA, Y.; KOMIYAMA, K.; AYASHI, M. H.; ISHIDA, A. K.; HSAKI, A. O. New Constituents from the Leaves of *Morinda citrifolia*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 55, n. 2, p. 343 – 345, 2007

TANG, S. Y.; HALLIWELL, B. Medicinal plants and antioxidants: What do we learn from cell culture and *Caenorhabditis elegans* studies. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 394, p 1-5, 2010.

TEIXEIRA, L. P. et al. Determinação do equilíbrio higroscópico e do calor isostérico do bagaço de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 555–566, jun. 2015.

TEIXEIRA, L. P.; ANDRADE, E. T.; DEVILLA, I. A. **CALOR ISOSTÉRICO, ENTROPIA E ENERGIA LIVRE DE GIBBS -HELMHOLTZ DOS GRÃOS DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata*)** Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014 - SBEA. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/R0572-2.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2023.

THOMPSON, Judith E. **A prática farmacêutica na manipulação de medicamentos.** Porto Alegre: Artmed, 2006.

TRAN, V. V.; NGUYEN, T. L.; MOON, J. Y.; LEE, Y. C. Core-shell materials, lipid particles and nanoemulsions, for delivery of active antioxidants in cosmetics applications: challenges and development strategies. **Chemical Engineering Journal**, n. 368, p. 88–114, 2019.

TSAMI, E. Net isosteric heat of sorption in dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 14, n. 4, p. 327–335, jan. 1991. VANZIN, Sara B.; PIRES, Cristina. **Entendendo Cosméticos - Diagnósticos e Tratamentos**, 2ª edição. São Paulo. Grupo GEN, 2011.

VIEIRA, L. A. S. L.; SOUZA, R. B. A. Ação dos antioxidantes no combate aos radicais livres e na prevenção do envelhecimento cutâneo. **Revista Multidisciplinar de psicologia**. v.13, n. 48 p. 408-418, 2019.

WANG, M. Y.; WEST, B. J.; JENSEN, C. J. NOWICKI, D.; CHEN, S. U.; PALU, A. K.; ANDERSON, G. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacological Sinica**, v. 23, n. 1 -2, p. 1127-1141, 2002.

WEST, B. J.; SU, C. X.; JENSEN, C. J. Prenatal toxicity test of *Morinda citrifolia* (noni) fruit **The Journal of Toxicological Sciences**, v. 33, n. 5, p. 647-9, 2008.