

## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DE GRAVIOLA

Ana Thayna Dutra<sup>1</sup>, Claudinéia Aparecida Queli Geraldi<sup>2</sup>, Sumaya Ferreira Guedes<sup>3</sup>, Raquel Aparecida Loss<sup>4</sup>, Tulio Klassen<sup>5</sup>, Jhessica Eliziane Santos Lichtnow<sup>6</sup>

### RESUMO:

A graviola (*Annona muricata* L.), pertencente à família Annonaceae, é amplamente cultivada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, sendo sua polpa utilizada na produção de sucos, sorvetes, geleias e doces. Este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas da polpa de graviola submetida à secagem em camada de espuma, bem como identificar o modelo cinético mais adequado para descrever o processo de secagem. A polpa de graviola foi adquirida de produtores rurais (feirantes) no município de Nova Mutum - MT, homogeneizada em liquidificador (marca Britânia Diamante 800) e posteriormente misturada com emulsificante (Emustab), sendo submetida à agitação em batedeira (marca Arno Girando Chrome) até formação de espuma estável. As espumas foram distribuídas em placas de Petri e secas em estufa com circulação e renovação forçada de ar nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Os resultados demonstraram que o aumento da temperatura de secagem promoveu redução do tempo de processo e do teor de umidade final. Os valores de pH variaram entre 3,53 e 3,76, enquanto a acidez apresentou pequenas variações com o aumento da temperatura. Entre os modelos avaliados, Page e Midilli e Kucuk apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais, ao contrário do modelo de Henderson e Pabis. A temperatura de 80 °C foi considerada mais eficiente, por reduzir o tempo de secagem sem comprometer as características físico-químicas da polpa. O modelo de Page destacou-se como o mais adequado para representar a cinética de secagem, apresentando o menor número de parâmetros, elevados coeficientes de determinação e menores erros médios em relação aos demais modelos analisados.

**Palavras-chave:** camada de espuma; frutas; modelagem matemática.

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE DRYING KINETICS OF SOURSOP PULP

### ABSTRACT:

Soursop (*Annona muricata* L.), belonging to the Annonaceae family, is widely cultivated in the North and Northeast regions of Brazil, and its pulp is commonly used in the production of juices, ice cream, jams, and sweets. This study aimed to evaluate the physicochemical properties of soursop pulp subjected to foam-mat drying, as well as to identify the most appropriate kinetic model to describe the drying process. Soursop pulp was obtained from local market vendors in the municipality of Nova Mutum, Mato Grosso, Brazil, homogenized in a blender (Britânia Diamante 800), and subsequently mixed with an emulsifier (Emustab). The mixture was then whipped in a mixer (Arno Girando Chrome) until a stable foam was formed. The foams

<sup>1</sup>Bacharel em Agronomia. Universidade do Estado de Mato Grosso Campus Universitário de Nova Mutum. Nova Mutum-MT. ana.thayna.dutra@unemat.br, <https://orcid.org/0009-0003-0363-2409>. <sup>2</sup>Doutora em Engenharia Química. Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Nova Mutum. Nova Mutum-MT. claudineia.geraldi@unemat.br, <https://orcid.org/0000-0001-5255-9752>. <sup>3</sup>Doutora em Ciências. Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Nova Mutum. Nova Mutum-MT. sumayaguedes@unemat.br, <https://orcid.org/0000-0002-1613-3647>. <sup>4</sup>Doutora em Engenharia de Alimentos. Universidade do Estado de Mato Grosso, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra-MT. raquellloss@unemat.br, <https://orcid.org/0000-0002-6022-7552>. <sup>5</sup>Mestre em Engenharia Química. Escola Cenequista Hilda Strenger Ribeiro, Nova Mutum-MT. tulio\_klassen@onda.com.br, <https://orcid.org/0000-0001-7468-4378>. <sup>6</sup>Estudante de graduação em Agronomia. Universidade do Estado de Mato Grosso Campus Universitário de Nova Mutum. Nova Mutum-MT, jhessica.lichtnow@unemat.br, <https://orcid.org/0009-0006-4663-0894>.

were spread in Petri dishes and dried in a forced-air circulation oven at temperatures of 60, 70, and 80 °C. The results showed that increasing the drying temperature reduced both the processing time and the final moisture content. The pH values ranged from 3.53 to 3.76, while acidity showed slight variations with increasing temperature. Among the evaluated models, the Page and Midilli–Kucuk models provided the best fit to the experimental data, whereas the Henderson and Pabis model showed inferior performance. A temperature of 80 °C was considered the most efficient, as it reduced drying time without compromising the physicochemical properties of the pulp. The Page model proved to be the most suitable for describing the drying kinetics, as it presented fewer parameters, high coefficients of determination, and lower mean errors compared to the other models analyzed.

**Keywords:** foam-mat drying; fruits; mathematical modeling

## INTRODUÇÃO

A graviola (*Annona muricata* L.) é uma fruta tropical amplamente cultivada em regiões quentes e úmidas da América Latina, Caribe, África e Sudeste Asiático, sendo reconhecida como espécie de elevado interesse científico e tecnológico. Esse interesse decorre principalmente de seu alto teor de compostos bioativos como fenólicos, acetogeninas e vitamina C, de suas propriedades antioxidantes e funcionais, bem como de seu potencial de aplicação na indústria de alimentos e no desenvolvimento de produtos nutracêuticos (Lopes et al., 2023; Morais et al., 2022).

Segundo a FAO (2024), relatórios internacionais indicam que a produção de graviola apresenta caráter regionalizado, com predominância em regiões tropicais, especialmente em países da América Latina e da Ásia, onde as condições climáticas são favoráveis ao seu cultivo. Nesse contexto, observa-se crescente interesse industrial por essa fruta, sobretudo em função de sua versatilidade tecnológica, que possibilita a obtenção de produtos como polpas congeladas, bebidas funcionais, extratos nutracêuticos e pós desidratados, os quais apresentam maior estabilidade e valor agregado (Ramírez-Silva et al., 2023; Martins et al., 2024).

Do ponto de vista econômico e tecnológico, a graviola apresenta elevada perecibilidade pós-colheita, característica que limita sua comercialização *in natura* e reforça a importância de tecnologias de conservação. Os processos de secagem e desidratação contribuem para o prolongamento da vida útil, preservação de compostos bioativos e desenvolvimento de produtos com maior valor comercial, favorecendo a inserção da fruta em cadeias produtivas de alimentos funcionais e ingredientes naturais (Garcia et al., 2022; Kumar; Prasad; Singh, 2022).

A secagem é amplamente reconhecida como uma das principais operações unitárias aplicadas à conservação de frutas, pois reduz a atividade de água e retarda reações microbiológicas e enzimáticas, preservando nutrientes e compostos bioativos quando conduzida sob condições controladas (Erbay; İcier, 2021; Das; Arora; Singh, 2022). Tecnologias modernas de secagem vêm sendo desenvolvidas com foco simultâneo na eficiência energética e na manutenção da qualidade físico-química e sensorial dos alimentos, destacando-se métodos voltados a

matrizes líquidas e semilíquidas, como polpas e sucos (Santos et al., 2024).

Entre esses métodos, a secagem em camada de espuma (foam-mat drying – FMD) tem recebido crescente atenção científica por permitir a desidratação eficiente de produtos fluidos por meio da incorporação de ar e agentes espumantes, formando uma estrutura porosa com elevada área superficial de evaporação. Essa característica promove maior taxa de transferência de calor e massa e reduz significativamente o tempo de secagem quando comparada à secagem convencional de polpas (Kumar; Prasad; Singh, 2022; Oliveira et al., 2023).

O processo geralmente ocorre em temperaturas moderadas frequentemente entre 50 °C e 80 °C e envolve três etapas principais: formação da espuma, espalhamento em camada fina e secagem convectiva. Após a remoção da umidade, o material seco é triturado, originando um pó com alta solubilidade e capacidade de reidratação, características desejáveis para aplicações industriais (Silva et al., 2023).

Do ponto de vista tecnológico, a *secagem em camada de espuma* apresenta vantagens relevantes, como menor consumo energético, melhor preservação de compostos sensíveis ao calor e obtenção de pós com elevada porosidade e estabilidade físico-química. Esses benefícios estão diretamente relacionados à microestrutura aerada formada durante a espumação, que reduz a resistência difusiva ao vapor e acelera a cinética de secagem (Kumar; Prasad; Singh, 2022).

Os parâmetros operacionais como temperatura do ar, espessura da camada, tipo e concentração de agente espumante exercem influência significativa sobre o tempo de secagem e sobre as propriedades físicas, nutricionais e sensoriais do produto final, evidenciando a importância da otimização dessas variáveis para obtenção de pós de alta qualidade (Oliveira et al., 2023).

Este trabalho teve como objetivo determinar a cinética de secagem em diferentes temperaturas, identificar o modelo matemático que melhor representa o processo de secagem em camada de espuma da polpa de graviola e avaliar a influência da temperatura sobre as propriedades físico-químicas do produto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Química da Universidade do Estado de Mato Grosso, campus de Nova Mutum – MT. Para a realização das análises, foram utilizadas polpas de graviola (*Annona muricata* L.) adquiridas junto a produtores rurais locais (feirantes).

As polpas foram trituradas em liquidificador (marca Britânia Diamante 800) até completa homogeneização. Para a formação da espuma, foi adicionado o emulsificante comercial Emustab® (composto por monoglicerídeos de ácidos graxos, monoestearato de sorbitana, polioxietileno e sorbato de potássio) na concentração de 5% (m/m), em relação à massa da polpa. A mistura foi submetida à agitação em batedeira (marca Arno Girando Chrome), em velocidade máxima, até a obtenção de espuma estável e com adequada incorporação de ar.

Após a formação da espuma, amostras de 10 g foram distribuídas em camada fina e uniforme sobre placas de Petri. O processo de secagem foi realizado em estufa com circulação e renovação forçada de ar, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. As massas das amostras foram determinadas em intervalos regulares

de 15 minutos, utilizando-se balança analítica marca Cienlab® com precisão de 0,0001 g. Os ensaios foram conduzidos até que as amostras atingissem condições de equilíbrio, caracterizadas pela obtenção de massa constante.

A razão de umidade (RU) foi determinada a partir dos valores de massa obtidos durante o processo de secagem, conforme equação 01.

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (01)$$

Sendo: U – teor de água do produto, decimal b.s.;  $U_i$  – teor de água inicial do produto, decimal b.s.;  $U_e$  – teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s.

Os modelos matemáticos de Henderson e Pabis (1962), Page (1949) e Midilli e Kucuk (2002), foram ajustados aos dados experimentais. Esses modelos são amplamente utilizados na literatura com o intuito de prever o fenômeno da secagem de produtos agrícolas (Santos et al., 2010; Goneli et al., 2014; Leite et al., 2015).

**Tabela 1.** Modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de graviola.

Designação do Modelo	Modelo	Equação
Henderson e Pabis	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	(02)
Midilli e Kucuk	$RU = \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(03)
Page	$RU = \exp(-k \cdot t^n)$	(04)

RU= razão do teor de água do produto, adimensional; t= tempo de secagem, em min; k = coeficiente de secagem, em  $\text{min}^{-1}$ ; a, b, n e k = constantes do modelo, adimensional.

A utilização de modelos matemáticos na descrição da cinética de secagem permite compreender o comportamento da remoção de umidade do produto ao longo do tempo, além de auxiliar na previsão do processo em diferentes condições de operação.

As análises físico-químicas são essenciais para a caracterização de produtos derivados de frutas, pois permitem a avaliação de parâmetros como teor de umidade, pH e acidez titulável, os quais estão diretamente relacionados à qualidade, estabilidade e vida útil do produto após o processamento (Silva et al., 2021; Oliveira et al., 2023).

O pó obtido após o processo de secagem foi submetido às análises de acidez, umidade e pH, com

o objetivo de avaliar possíveis alterações na qualidade do produto em função da temperatura de secagem. A determinação da umidade inicial foi realizada pelo método da estufa a 105 °C até massa constante, conforme metodologias padronizadas para análise de alimentos descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O pH foi determinado com auxílio de um pHmetro de bancada, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, após calibração, 3g da polpa de graviola foi diluída em 30 ml de água destilada para se obter o valor do pH da polpa da fruta seca, sendo realizado de acordo com o método 017/IV do manual do Instituto Adolfo Lutz (2008).

A determinação da umidade foi realizada utilizando-se aproximadamente 10 g de amostra,

distribuídos em placa de Petri previamente tarada e seca. As amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 105 °C até atingirem massa constante, conforme a metodologia 012/IV descrita no Manual do Instituto Adolfo Lutz (2008).

A acidez foi determinada por titulação potenciométrica utilizando solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, sendo os resultados expressos em percentual de ácido cítrico, conforme a metodologia 016/IV descrita no Manual do Instituto Adolfo Lutz (2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas da razão de umidade (RU) da polpa de graviola submetida à secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, estão apresentadas na Figura 1. Observa-se que o aumento da temperatura promoveu uma redução significativa no tempo necessário para atingir o equilíbrio higroscópico, evidenciando uma maior taxa de

remoção de água do material. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento do gradiente térmico entre o ar de secagem e a amostra, o que intensifica os mecanismos de transferência de calor e massa, favorecendo a evaporação da água. Além disso, temperaturas mais elevadas contribuem para a redução da resistência interna à difusão da umidade, acelerando o processo de secagem.

Observa-se, a partir da Figura 1, que o tempo necessário para a secagem da polpa de graviola variou em função da temperatura aplicada, sendo aproximadamente de 165, 180 e 315 minutos para as temperaturas de 80, 70 e 60 °C, respectivamente. Esse comportamento evidencia que o aumento da temperatura de secagem promove a redução do tempo necessário para a remoção de umidade, em razão do incremento na taxa de transferência de calor e massa, o que acelera o processo de evaporação da água presente no material.

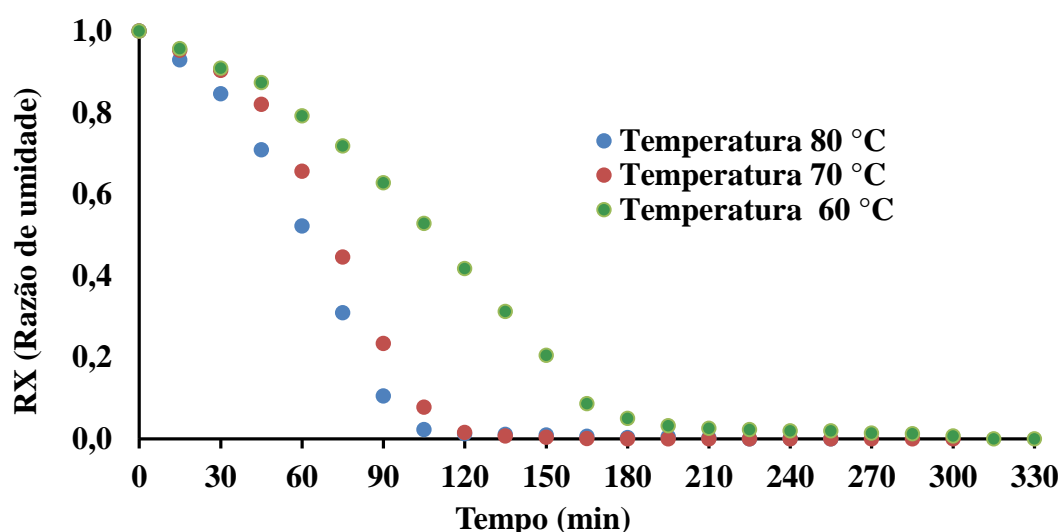


Figura 1. Cinética de secagem da polpa de graviola nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Comportamento semelhantes foram observados por Baptestini et al. (2015), ao estudarem a secagem em camada de espuma da polpa de graviola, verificando que o aumento da temperatura reduziu significativamente o tempo de secagem, sendo necessário 1035 minutos a 40 °C e apenas 225 minutos a 80 °C, evidenciando que temperaturas mais elevadas promovem maior taxa de remoção de água.

Ao investigarem a secagem de carambola, Silva et al. (2016) verificaram que o aumento da temperatura do ar promoveu maior taxa de secagem e reduziu o tempo necessário para que o produto

atingisse o equilíbrio. Esse comportamento é esperado, uma vez que temperaturas mais elevadas intensificam o gradiente térmico entre o ar de secagem e o material, favorecendo os mecanismos de transferência de calor e massa e resultando em curvas de secagem mais acentuadas.

A modelagem matemática foi realizada com o objetivo de descrever o comportamento cinético do processo de secagem e identificar o modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais nas diferentes temperaturas avaliadas. Os dados de razão de umidade (RU), obtidos ao longo da secagem da

polpa de graviola, foram ajustados aos modelos matemáticos de Henderson e Pabis, Page e Midilli e Kucuk. Os parâmetros obtidos e os indicadores de ajuste estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados para a cinética de secagem da polpa de graviola nas temperaturas de 80, 70 e 60 °C.

Modelo	Parâmetro	80 °C	70 °C	60 °C
Handerson e Pabis	A	1,000000	1,000000	1,000000
	k (min <sup>-1</sup> )	0,021155	0,018717	0,012046
	N	0,000000	0,000000	0,000000
	Coefficiente de determinação R	0,953274	0,929722	0,950175
	Erro	1,539857	1,883728	2,563952
Midilik e Kucuk	A	1,000000	1,000000	1,000000
	k (min <sup>-1</sup> )	0,000017	0,000045	0,000142
	N	2,575838	2,307873	1,837399
	Coefficiente de determinação R	0,998588	0,995589	0,995121
	Erro	0,301570	0,379619	0,654826
Page	k (min <sup>-1</sup> )	0,000017	0,000018	0,000088
	N	2,600064	2,511902	1,934004
	Coefficiente de determinação R	0,998655	0,997573	0,996067
	Erro	0,245648	0,283256	0,552833

A modelagem matemática do processo de secagem de produtos agrícolas tem sido amplamente investigada, sendo utilizada como ferramenta para descrever e prever os fenômenos de transferência de calor e massa envolvidos. No presente estudo, os modelos de Page e de Midilli e Kucuk apresentaram ajuste satisfatório aos dados experimentais, evidenciado pelos elevados coeficientes de determinação e baixos valores de erro médio.

Para o modelo de Midilli e Kucuk, os valores de R<sup>2</sup> variaram entre 0,998588, 0,995589 e 0,995121, enquanto os erros médios oscilaram entre 0,301570, 0,379619 e 0,654826, para as temperaturas de 80, 70 e 60 °C, respectivamente, indicando elevada capacidade desse modelo em descrever a cinética de secagem da polpa de graviola.

De forma semelhante, o modelo de Page também apresentou elevado coeficiente de determinação, com valores variando de 0,998655, 0,997573 e 0,996067, e erros médios entre 0,245648, 0,283256 e 0,552833, para as temperaturas de 80, 70 e 60°C, demonstrando boa concordância entre os valores experimentais e os valores estimados pelo modelo. O modelo de Page apresenta menor número de parâmetros, sendo composto apenas pelas constantes k e n, enquanto o modelo de Midilli e Kucuk possui maior complexidade matemática, envolvendo os parâmetros a, k e n. Essa característica

torna o modelo de Page mais simples para aplicação e interpretação, mantendo, ainda assim, elevada capacidade de ajuste aos dados experimentais.

No trabalho realizado por Riguette et al., (2018) em secagem de camada de espuma da polpa de uvaia também obtiveram valores semelhantes e os modelos que apresentaram os melhores ajustes foram o de Midilli e Kucuk e Page.

Já o modelo de Henderson e Pabis não apresentou um ajuste satisfatório aos dados experimentais da secagem da polpa de graviola em camada de espuma, não sendo indicado para representar a cinética de secagem em nenhuma das temperaturas estudadas. Apresentando coeficientes de determinação igual ou inferior a 0,953274 em todas as temperaturas em estudo. Os valores dos erros médios variaram de 1,539857 a 2,563952, indicando menor capacidade de descrever adequadamente o comportamento da secagem da polpa de graviola nas condições estudadas.

As análises físico-químicas são essenciais para a caracterização de produtos derivados de frutas, permitindo a avaliação de parâmetros como teor de umidade, pH e acidez titulável. Tais parâmetros estão diretamente relacionados à qualidade, estabilidade e conservação do produto após o processamento (Silva et al., 2021; Oliveira et al., 2022).

**Tabela 3.** Propriedades físico-químicas polpa de graviola nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Análises	Temperaturas		
	60 °C	70 °C	80 °C
Umidade (%)	20,02±0,24	18,27±0,35	16,29 ± 0,28
pH	3,53±0,012	3,76 ± 0,02	3,72 ± 0,017
Acidez total	4,10±0,25	4,50±0,30	4,80 ± 0,13

É possível observar na Tabela 3 que os teores de umidade da polpa de graviola desidratada apresentaram redução com o aumento da temperatura de secagem, sendo de 20,02%, 18,27% e 16,29% para 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Esse comportamento evidencia que temperaturas mais elevadas promovem maior eficiência na remoção de água, resultando em produtos com menor teor de umidade final.

Tal tendência está associada ao aumento do gradiente térmico entre o ar de secagem e o material, o que intensifica os mecanismos de transferência de calor e massa, favorecendo a evaporação da água. Além disso, a elevação da temperatura contribui para a redução da resistência interna à difusão da umidade, acelerando o processo de secagem.

Esses resultados indicam que a temperatura de 80 °C foi a mais eficiente entre as condições avaliadas, proporcionando maior redução do teor de umidade. Do ponto de vista tecnológico, menores teores de umidade são desejáveis, pois contribuem para a diminuição da atividade de água, aumento da estabilidade microbiológica e maior vida útil do produto desidratado.

Estudos sobre secagem em camada de espuma em frutas tropicais relatam comportamento semelhante, no qual o aumento da temperatura de secagem intensifica a taxa de evaporação de água, promovendo maior redução do teor de umidade ao longo do tempo (Silva et al., 2021; Oliveira et al., 2023).

Com o aumento da temperatura de secagem, os valores de pH da polpa de graviola apresentaram uma pequena variação, conforme Tabela 1, para as temperaturas estudadas. Esse comportamento indica que o processo de secagem, nas condições avaliadas, não promoveu alterações significativas na acidez do produto.

A estabilidade do pH pode ser atribuída à natureza ácida da graviola, associada à presença de ácidos orgânicos, os quais apresentam relativa resistência à degradação térmica nas faixas de temperatura empregadas. Além disso, o método de

secagem em camada de espuma favorece a rápida remoção de água, reduzindo o tempo de exposição ao calor e, conseqüentemente, minimizando reações químicas que poderiam alterar o pH. Dessa forma, os resultados sugerem que a variação da temperatura de secagem não exerceu influência significativa sobre o pH da polpa, contribuindo para a preservação de suas características químicas e indicando a viabilidade do processo para obtenção de um produto com estabilidade adequada.

Valores semelhantes de pH para a polpa de graviola *in natura* são relatados na literatura, geralmente situando-se na faixa de 3,7, característica que confere sabor ácido e contribui para a estabilidade microbiológica do fruto (Silva e Menezes, 2012; Lima et al., 2010). No processo de desidratação, de acordo com Melo et al. (2013) esse processo pode preservar características químicas importantes das frutas realizadas em condições adequadas de temperatura.

Observou-se um aumento gradual da acidez total da polpa de graviola com a elevação da temperatura de secagem, com valores de 4,10, 4,50 e 4,80 para 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Esse comportamento pode ser explicado, principalmente, pelo efeito de concentração decorrente da remoção de água durante o processo de desidratação, o que eleva a proporção de ácidos orgânicos presentes no produto.

Além disso, temperaturas mais elevadas promovem maior taxa de evaporação, intensificando a redução do teor de umidade e, conseqüentemente, aumentando a concentração dos sólidos solúveis, incluindo os compostos ácidos. Esse comportamento é frequentemente observado em produtos de origem vegetal submetidos à secagem, conforme descrito em estudos recentes (Santos et al., 2021; Kumar et al., 2022).

Outro aspecto relevante é que o método de secagem em camada de espuma favorece uma rápida remoção de água, o que pode minimizar a degradação térmica de compostos sensíveis, mantendo ou até

evidenciando a acidez do produto. Dessa forma, o aumento da acidez observado não está necessariamente relacionado à formação de novos compostos ácidos, mas sim à concentração daqueles já presentes na polpa *in natura*.

## CONCLUSÃO

As análises físico-químicas evidenciaram que o aumento da temperatura de secagem promoveu redução no teor de umidade do produto, enquanto os valores de pH e acidez apresentaram comportamento compatível com efeito de concentração decorrente da remoção de água, conforme esperado entre as condições avaliadas. Esses resultados reforçam a viabilidade da secagem em camada de espuma como uma alternativa eficiente para a conservação da polpa de graviola.

A temperatura de 80 °C destacou-se como a condição mais adequada, por proporcionar menor tempo de secagem sem ocasionar alterações significativas nas propriedades físico-químicas do produto.

No que se refere à modelagem matemática, os modelos de Page e de Midilli e Kucuk apresentaram ajuste satisfatório aos dados experimentais, evidenciado pelos elevados coeficientes de determinação e baixos erros médios, com destaque para o modelo de Page, devido à sua maior simplicidade e menor número de parâmetros. Em contrapartida, o modelo de Henderson e Pabis não representou adequadamente a cinética de secagem da polpa de graviola.

## FINANCIAMENTO

Agradeço a Fapemat - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Mato Grosso pela concessão da bolsa de Iniciação científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C.; Moura, C. F. H. Caracterização de frutas nativas da América Latina. Jaboticabal: Funep, 2000. 66 p. (Série Frutas Nativas, 9).

Baptestini, F. M. et al. Modelagem matemática da secagem de espuma de graviola. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 12, p.

1203–1208, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1203-1208>

Das, I.; Arora, S.; Singh, R. Drying technologies for food products: reducing energy consumption and improving quality. *Journal of Food Process Engineering*, v. 45, n. 5, e13953, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13953>

Erbay, Z.; İçier, F. A review of thin-layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 61, n. 2, p. 292–310, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1725913>

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *World food and agriculture – Statistical yearbook 2024*. Rome: FAO, 2024.

Garcia, L. G.; Santos, M. R.; Oliveira, A. C.; Souza, P. R.; Lima, J. F. Drying kinetics and quality parameters of soursop pulp powder obtained by convective drying. *Journal of Food Science and Technology*, v. 59, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05345-6>

Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

Kumar, R.; Prasad, K.; Singh, A. Foam-mat drying: a review of process variables and product quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 46, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16536>

Kumar, R.; Sharma, P.; Singh, A.; Verma, D. Influence of drying methods on quality characteristics of fruit and vegetable products: A review. *LWT - Food Science and Technology*, v. 161, 113349, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113349>

Lopes, A. S.; Pereira, L. M.; Costa, R. F.; Almeida, J. P.; Silva, E. O. Functional and nutritional properties of soursop fruit and derivatives. *Plants*, v. 12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12010123>

Martins, J. S.; Rocha, T. A.; Nascimento, P. H.; Lima, M. A.; Souza, D. R. Effect of drying temperature on bioactive compounds of soursop pulp. *Food*

- Chemistry Advances*, v. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100512>
- Morais, D. R.; Santos, G. G.; Oliveira, V. C.; Costa, A. L.; Ferreira, M. S. Bioactive compounds and antioxidant potential of *Annona muricata* pulp. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 105, 104245, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104245>
- Oliveira, M. I.; Souza, R. L.; Barbosa, F. S.; Lima, C. A.; Pereira, D. S. Influence of foaming agents and temperature on foam-mat drying kinetics of fruit pulps. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01876-5>
- Oliveira, T. S.; Pereira, J. R.; Lima, D. M.; Barbosa, E. S.; Ferreira, A. L. Drying kinetics and quality of foam-mat dried fruit pulps under different temperatures. *LWT - Food Science and Technology*, v. 176, 114497, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114497>
- Ramírez-silva, D.; González-martínez, C.; Pérez-álvarez, J. A.; Viuda-martos, M.; Fernández-lópez, J. Physicochemical characterization of soursop (*Annona muricata* L.) powder obtained by different drying methods. *Foods*, v. 12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12040876>
- Santos, P. H. S.; Oliveira, A. L.; Costa, J. M.; Silva, M. A.; Ferreira, T. A. Advances in drying technologies applied to fruit pulps and by-products. *Food Reviews International*, v. 40, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2189456>
- Santos, J. C.; Souza, R. S.; Almeida, F. L.; Pereira, D. S.; Costa, M. A. Effect of drying temperature on physicochemical properties of tropical fruit pulps. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 45, n. 8, e15678, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15678>
- Silva, L. R.; Barbosa, F. S.; Lima, C. A.; Souza, R. L.; Oliveira, M. I. Foam-mat drying of tropical fruit pulps: physicochemical and functional properties of powders. *LWT - Food Science and Technology*, v. 168, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113905>
- Silva, R. B. Estudo da cinética de secagem de polpa de carambola. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 2069–2080, 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu/rbta>
- Silva, R. S.; Oliveira, M. F.; Santos, J. L.; Pereira, A. C.; Costa, D. R. Caracterização físico-química e estabilidade de polpas de frutas tropicais processadas. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 45, n. 3, e15234, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15234>
- Silva, A. P.; Souza, L. F.; Santos, M. A.; Costa, R. S.; Almeida, F. C. Foam-mat drying of tropical fruits: effect of temperature on drying kinetics and product quality. *Journal of Food Engineering*, v. 305, 110620, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110620>
- Silva, R. B.; Souza, A. S.; Lima, F. C.; Pereira, M. R.; Oliveira, T. A. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 4, p. 1196–1205, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010000400031>