

## SECAGEM DA AMÊNDOA DE CACAU (CRIOLLO) EM DIFERENTES TEMPERATURAS CULTIVADO NA AMAZÔNIA

### DRYING COCOA ALMONDS (CRIOLLO) IN DIFFERENT TEMPERATURES CULTIVATED IN THE AMAZON

Emilly Aya Mendes Endo<sup>1</sup>; Esmael Franco da Graça<sup>1</sup>; Wallace dos Santos Rodrigues<sup>1</sup>; Joana do Socorro Peixoto Mendonça<sup>1</sup>; Maria Hosana Moreira dos Santos<sup>1</sup>; Arlindo Modesto Antunes<sup>2</sup>; Bruna Sayuri Fujiyama<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Discentes do curso de Engenharia Agrícola – Universidade Federal Rural da Amazônia, emillyaya03@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Doutor em Engenharia Agrícola – Universidade Federal Rural da Amazônia, arlindo.antunes@ufra.edu.br

<sup>3</sup> Professora Doutora em Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia, bruna.sayuri@ufra.edu.br.

**Resumo:** O cacau (*Theobroma cacao* L.) pertence à família Malvaceae e representa importância mundial para comercialização e produção de chocolate (APROTOSOAIÉ et al., 2016), sendo geralmente cultivado no oeste da África, América Latina e Sudeste da Ásia (ABT et al., 2018). De acordo com Landau (2020), a planta pode ser utilizada para a alimentação humana, com seu fruto podendo ser consumido in natura. Porém, a espécie é cultivada principalmente para o aproveitamento de suas sementes ou amêndoas, para produção de diversos derivados do cacau. O objetivo do estudo em questão é determinar a cinética de secagem da amêndoa de cacau da variedade (Criollo), em duas diferentes temperaturas (50 °C, 60 °C), com intervalo de tempo crescente. O presente trabalho foi desenvolvido durante o primeiro semestre de 2024, no laboratório de engenharia agrícola do campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no município de Tomé-Açu/PA, com coordenadas geográficas de 02° 24' 15''S e 48° 09' 51''W. Os resultados apresentaram que apesar da diferença de temperatura e o tempo gasto nas secagens das amostras, ambas apresentaram um teor de água muito próximo. Contudo, concluiu-se que para atingir o equilíbrio higroscópico em menos tempo faz-se necessário realizar o aumento da temperatura a qual as amostras serão submetidas. A temperatura mais alta diminuiu significativamente o tempo de secagem, entretanto, ambas as temperaturas alcançaram resultados semelhantes em termos de teor de água nas amostras. Com a semelhança apontada nos resultados, constatou-se que a temperatura é um importante fator para acelerar o processo de secagem, porém é possível que outros fatores influenciem no resultado.

**Palavras-chaves:** Cacau, Secagem, Temperatura.

**Abstract:** Cocoa (*Theobroma cacao* L.) belongs to the Malvaceae family and represents global importance for the commercialization and production of chocolate (APROTOSOAIÉ et al., 2016), being generally cultivated in West Africa, Latin America and Southeast Asia (ABT et al., 2018). According to Landau (2020), the plant can be used for human consumption, with its fruit being consumed fresh. However, the species is cultivated mainly for the use of its seeds or almonds, to produce various cocoa derivatives. The objective of the study in question is to determine the drying kinetics of cocoa beans of the variety (Criollo), at two different temperatures (50 °C, 60 °C), with an increasing time interval. The present work was developed during the first semester of 2024, in the agricultural engineering laboratory on the campus of the Federal Rural University of Amazonia (UFRA), in the municipality of Tomé-Açu/PA, with geographic coordinates of 02° 24' 15''S and 48° 09' 51''W. The results showed that despite the difference in temperature and the time spent drying the samples, both had a very similar water content. However, it was concluded that to achieve hygroscopic balance in less time, it is necessary to increase the temperature to which the samples will be subjected. The higher temperature significantly decreased the drying time, however, both temperatures achieved similar results in terms of water content in the samples. With the similarity highlighted in the results, it was found that temperature is an important factor in accelerating the drying process. drying, however it is possible that other factors influence the result.

**Keywords:** Cocoa, Drying, Temperature.

Recebido: 04/2024, Publicado: 06/2025 - ISSN: 2358-260X - DOI: 10.37951/2358-260X.2025v13i1.7363

## INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) pertence à família Malvaceae e representa importância mundial para comercialização e produção de chocolate (APROTOSOAIÉ et al., 2016), sendo geralmente cultivado no oeste da África, América Latina e Sudeste da Ásia (ABT et al., 2018). De acordo com Landau (2020), a planta pode ser utilizada para a alimentação humana, com seu fruto podendo ser consumido in natura. Porém, a espécie é cultivada principalmente para o aproveitamento de suas sementes ou amêndoas, para produção de diversos derivados do cacau.

Com cerca de 600 mil hectares cultivados de cacau e 75 mil produtores, sendo 60% de agricultura

familiar, o Brasil ocupa a posição de 6º maior produtor mundial de cacau, com uma produção superior a 200 mil toneladas de amêndoas/ano. Os estados do Pará e da Bahia são os principais produtores de amêndoa de cacau do Brasil, responsáveis por, aproximadamente, 96% de toda a produção nacional. Uma pequena parcela é produzida por estados como o Espírito Santo, Rondônia, Amazonas e Mato Grosso, além de outros estados cuja produção está em fase inicial, como Roraima, Amapá, Ceará, Sergipe, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins em recente expansão. (MAPA,2022).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 2022, é possível inferir que o Pará se destaca como um dos principais polos de

produção de cacau na região da Floresta Amazônica. O estado contribui significativamente para a produção nacional. Com aproximadamente 205 mil hectares de cacauzeiros híbridos implantados em sistemas agroflorestais e uma base de 27.800 produtores envolvidos, dos quais cerca de 150 mil hectares já estão em fase produtiva, é evidente o potencial produtivo da região. A produtividade média de 960 kg/ha reforça a eficiência e o sucesso das práticas agrícolas adotadas pelos produtores para alcançar resultados expressivos na produção de cacau.

O município de Tomé-Açu foi uma das principais sedes de experiências em sistemas agroflorestais (SAF) com cacauzeiros do Brasil. Imigrantes japoneses instalaram-se na região e cultivaram, ao longo de 45 anos, lavouras de formas diversificadas. Os cacauicultores transformaram solos considerados de baixa fertilidade em áreas produtivas e desenvolveram a cultura na região. Tomé-Açu também se destaca pela produção de cacau diferenciado, que permite a confecção de chocolates com sabor e aroma inigualáveis, que atendem uma demanda específica de consumidores asiáticos, sendo hoje o maior exportador de cacau fino e de aroma do Brasil.

Contudo, uma das culturas perenes mais cultivadas na região norte do Brasil, apresenta elevado índice de produção nos sistemas agroflorestais do município de Tomé-Açu/PA, cuja produção é exportada pela Cooperativa Agrícola mista de Tomé-Açu – CAMTA (REGO; KATO, 2017), principalmente para a fabricação de chocolate, gerando renda para a população local.

Uma amêndoa de qualidade só é obtida quando as sementes passam efetivamente por todas as etapas do beneficiamento: quebra, fermentação, secagem e armazenamento.

Dentre as fases do beneficiamento do cacau, a secagem é o processo principal para a obtenção de amêndoas de qualidade, pois é nela que se mantém a estabilidade e qualidade exigidas no mercado. É na secagem que a amêndoa atinge a umidade necessária para

o armazenamento (MIRANDA; TORO 2020).

Para assegurar a qualidade das amêndoas, é essencial realizar a secagem de maneira precisa, seguindo os parâmetros estabelecidos por Brasil (2020). Como forma de normatizar o processo de secagem de produtos agrícolas, utiliza-se modelos matemáticos que representam a cinética de secagem (ANDRADE et al. 2020).

Segundo (SIQUEIRA, 2012), a cinética de secagem analisa o comportamento de transferência de massa entre o produto e o agente de secagem no caso, ar quente. Com o estudo da cinética de secagem, avaliasse a rapidez com a qual um material orgânico pode perder umidade em determinadas condições de temperatura, sendo sua avaliação e estudo importantes para compreender e otimizar processos de secagem.

O objetivo do experimento foi determinar a cinética de secagem da amêndoa de cacau da variedade (Criollo), em duas diferentes temperaturas (50 °C, 60 °C), com intervalo de tempo crescente.

## **Material e Métodos**

### **Local de estudo**

O presente trabalho foi desenvolvido durante o primeiro semestre de 2024, no laboratório de engenharia agrícola do campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no município de Tomé-Açu/PA, com coordenadas geográficas de 02° 24' 15''S e 48° 09' 51''W.

O município de Tomé-Açu, segundo a classificação de Köppen, o tipo climático é Ami, média anual pluviométrica de 3.000 mm, temperatura média anual de 26,4 °C e "" umidade relativa do ar de 85% (Pacheco et al., 2011).

### **Experimento de secagem**

#### **Amostragens**

Para a condução do experimento, utilizou-se a variedade de amêndoas de cacau determinada de Cacau Criollo, estas foram submetidas aos processos de

mucilagem e seleção, onde priorizou-se a utilização das amêndoas mais saudáveis. As amostras foram submetidas ao processo de fermentação, por sete dias, em uma caixa térmica, conforme Figura 1.

**Figura 1.** Fermentação das sementes.



Fonte: Autores, 2024.

Após a fermentação, realizou-se a separação das amêndoas danificadas das saudáveis para o teste, conforme sugere Brasil (2009) quanto as regras para análise de sementes. Assim, foram selecionadas 100 gramas da variedade para a secagem em 6 repetições sob das 2 diferentes temperaturas, Figuras 2.

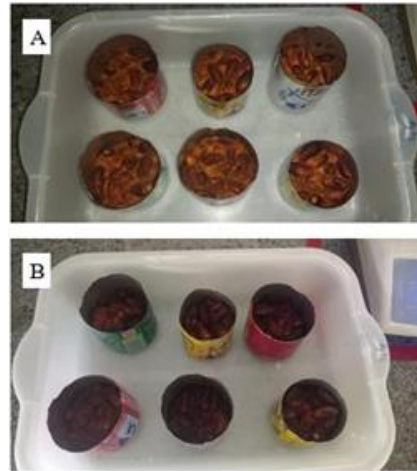
**Figura 2.** Descrição das amostras (A) e (B) utilizadas durante experimentação em laboratório.



Fonte: Autores, 2024.

Realizou-se a divisão das amêndoas, em diferentes recipientes, 6 recipientes para cada temperatura, totalizando 12 repetições, conforme Figura 3. Para a aferição do teor de água, usou-se duas repetições – de 100 gamas – para cada variedade (totalizando 6 repetições).

**Figura 3.** Amostras em estado de separação por tratamento e repetição.



Fonte: Autores, 2024.

### Temperatura de secagem

A secagem foi realizada com a utilização de 2 estufas secadoras com ventilação forçada de ar (uma para cada temperatura), do modelo LUCA-80/336 (Figura 4), disponíveis no campus da UFRA de Tomé-Açu.

**Figura 4.** Estufa secadora modelo LUCA 80/336 utilizada para a secagem das amêndoas



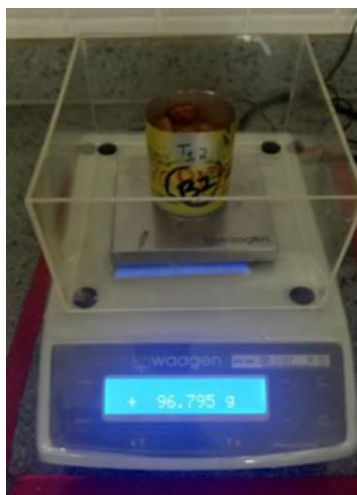
Fonte: Autores, 2024.

As sementes foram submetidas as temperaturas de 50 °C e 60°C. Para Sales e Cândida (2016) a temperatura ideal se obter uma amêndoa seca de melhor qualidade a temperatura deve se variar entre 35 a 50°C, dessa forma para a condução do experimento temperaturas foram determinadas por serem consideradas

próximas as indicadas pelos autores supracitados.

As pesagens das amêndoas foram realizadas com a utilização de uma balança de precisão do modelo KNL 220 (Figura 5), estas foram analisadas em intervalos que variaram entre 5 minutos à 12 horas. O peso dos recipientes e o peso inicial das amêndoas foram aferidos antes da secagem.

**Figura 5.** Pesagem das amostras.



Fonte: Autores, 2024

Para a determinação do teor de água inicial dos lotes (%) realizou-se o método gravimétrico, com uma estufa a  $(105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C})$  e balança analítica durante 24 horas, com 6 amostras do produto fresco (após o processo de mucilagem), e as 12 amostras após o processo de secagem nas temperaturas avaliadas (Brasil, 2009).

Para obtenção do Teor de água em base úmida  $U(\%b.u)$ , baseou-se no método de Antunes et.al (2019), com a utilização da seguinte equação:

$$U(\%b.u) = \frac{(P - p) * 100}{(P - T)}$$

Onde:

P = Peso inicial, em gramas (g);

p = Peso final, em gramas (g);

T = tara do recipiente, em gramas (g);

U = Teor de água em base úmida.

### Cinética de secagem

Para o cálculo da razão de umidade (RU) durante as secagem nas diferentes temperaturas avaliadas,

utilizou-se a seguinte equação:

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

Onde:

U = Teor de água no produto, decimal bs;

$U_i$  = Teor de água inicial do produto, decimal bs;

$U_e$  = Teor de água de equilíbrio do produto, decimal bs.

### Teste estatístico

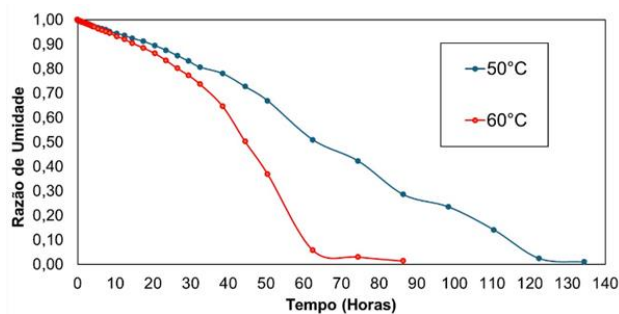
Para o teste estatístico, realizou-se um Delineamento Integralmente Casualizado (DIC), com teste fatorial de  $1 \times 2 \times 6$ , com variedade de cacau Criollo, para 2 temperaturas ( $50$  e  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Foram feitas 6 repetições para cada temperatura, totalizando 12 repetições para cada amostra de amêndoas. Cada repetição recebeu uma identificação, na temperatura de  $50^\circ\text{C}$ , B1 ao B6, e para  $60^\circ\text{C}$  A1 ao A6.

### Resultados e Discussão

A secagem da amêndoa de cacau Criollo a diferentes temperaturas ( $50 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ) revelou informações valiosas sobre a cinética de secagem e os efeitos das condições de secagem nas propriedades do produto final. A diferença significativa nos tempos de secagem entre as duas temperaturas indica a influência direta da temperatura no processo de remoção de umidade. Conforme observado por Gaia e Rodrigues (2023), temperaturas mais elevadas tendem a acelerar a taxa de secagem devido ao aumento da energia cinética das moléculas de água, facilitando sua evaporação. Portanto, é esperado que a temperatura de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  tenha promovido uma secagem mais rápida em comparação com  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , como observado em nosso estudo.

Na figura 6 é possível observar o comportamento das amêndoas de cacau submetidas à secagem nas diferentes temperaturas de  $50$  e  $60^\circ\text{C}$ , com base na razão da umidade em função do tempo.

**Figura 6.** Curva de secagem das amêndoas nas diferentes temperaturas.



A variação nos tempos de secagem pode ser atribuída às características intrínsecas da amêndoa de cacau, como sua composição físico-química e estrutura microscópica. De acordo com Nascimento (2023), a umidade inicial da matéria-prima desempenha um papel crucial na taxa de secagem, pois a remoção da água adsorvida na superfície dos grãos é mais rápida do que a da água contida em seu interior. Nesse sentido, a umidade inicial de 69,91% b.u. encontrada em nosso estudo pode ter contribuído para os tempos de secagem mais longos em ambas as temperaturas, em comparação com os valores encontrados por Gaia e Rodrigues (2023).

A análise do teor de água final das amêndoas após a secagem mostrou valores abaixo do intervalo ideal estabelecido pela ISO 2292:2017 (6,5% a 7,5%). Esse resultado sugere uma eficiência na remoção da umidade durante o processo de secagem, o que é crucial para a qualidade e durabilidade do produto final. Como mencionado por Gaia et al. (2023), um teor de água final inadequado pode resultar em problemas de armazenamento, como o desenvolvimento de micro-organismos e a degradação das propriedades sensoriais e nutricionais do produto.

A proximidade nos teores de água finais das amostras secadas a 50 °C e 60 °C é um resultado interessante, pois sugere que, apesar da diferença de temperatura e tempo de secagem, ambas as condições foram eficazes na remoção da umidade. Esse resultado pode ser atribuído à complexa interação entre temperatura, umidade relativa e velocidade do ar durante o processo de secagem. Como afirmado por Nascimento

et al. (2023), a seleção adequada desses parâmetros é essencial para garantir uma secagem eficiente e preservar as características sensoriais e nutricionais do produto.

A comparação dos resultados obtidos com estudos anteriores destaca a importância da pesquisa contínua na área de secagem de alimentos, especialmente em regiões com condições climáticas específicas, como a Amazônia. A adaptação dos processos de secagem às condições locais pode resultar em economias significativas de energia e recursos, além de promover a sustentabilidade da cadeia produtiva. Como sugerido por Gaia et al. (2023), o uso de tecnologias avançadas, como secadores de leito fluidizado e controle preciso da umidade do ar, pode melhorar ainda mais a eficiência dos processos de secagem, garantindo a qualidade e segurança dos produtos finais.

Em resumo, os resultados obtidos neste estudo contribuem para o avanço do conhecimento sobre a secagem da amêndoa de cacau Criollo, fornecendo insights valiosos sobre a influência das condições de secagem nas propriedades do produto final. A aplicação desses resultados na prática pode resultar em melhorias significativas na eficiência e qualidade dos processos de secagem de alimentos, beneficiando não apenas os produtores, mas também os consumidores e o meio ambiente.

## Conclusões

Observou-se que para atingir o equilíbrio higroscópico em menos tempo faz-se necessário realizar o aumento da temperatura a qual as amostras serão submetidas;

A temperatura mais alta diminuiu significativamente o tempo de secagem, entretanto, ambas as temperaturas alcançaram resultados semelhantes em termos de teor de água nas amostras;

Com a semelhança apontada nos resultados, constatou-se que a temperatura é um importante fator para acelerar o processo de secagem, porém é possível que outros fatores influenciem no resultado.

## REFERÊNCIAS

- ABT; SAM, J. F.; GRAY, P.; ROBIN, L. P. Cadmium and lead in cocoa powder and chocolate products in the US Market, *Zood Additives & Contaminants: Part B*, [S.I.], v. 11, n. 2, p. 92-102, 2018
- ANDRADE et al. Cinética de secagem e características sensoriais da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) obtida por secagem em janela de refração. *Heliyon Journal*, v. 6, n. 10, p. 1-11, 2020.
- E APROTOSO AIE, A. C.; LUCA, S. V.; MIRON, A. Química de Sabor de Cacau e Produtos de Cacau - Uma Visão Geral. Revisões Abrangentes em Ciência Alimentar e Segurança Alimentar, [S.I.], v.15, p. 73-91, 2016.
- BRASIL. Cartilha de boas práticas na lavoura cacauera no Estado do Pará. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, Comissão do Plano da Lavoura Cacauera - Belém: Mapa/CEPLAC, 2020. 64p
- GAIA, F. L.; RODRIGUES, J. W. L. Modelagem Matemática Da Cinética De Secagem De Duas Variedades De Cacau Cultivados Na Região Amazônica Brasileira. Tese de mestrado, Universidade Federal Rural da Amazonia. PA. Tomé-Açu, 2023.
- GAIA, R., SILVA, A., & SANTOS, B. Estudo da cinética de secagem da amêndoa de cacau em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Engenharia de Alimentos*, 7(2), 45-53, 2023.
- ISO 2292:2017. Determination of moisture content in cocoa beans—Method using oven drying. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
- LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L. Evolução da Produção de Cacau (*Theobromacacao*, *Malvaceae*). In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (Ed), *Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal*. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 17, p. 529-555.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Cacau do Brasil - Versão Português*. Disponível em: <[Endo et al Cientific@ - Multidisciplinary Journal – V.13 N.1 - \(2025\)](https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/ceplac/publicacoes/outras-publicacoes/cacau-do-Brasil-Versaoportugues#:~:text=As%20lavouras%20s%C3%A3o%20concentradas%20no,do%20cacau%20produzido%20no%20Pa%C3%ADs.></a>. acesso em: 03 de abril de 2024.</p>
<p>MIRANDA, A. F.; TORO, M. U. Otimização do beneficiamento do cacau (<i>Theobromacacao</i> L.). <i>Cientific Multidisciplinary Journal</i>, Goianésia, v.8, n.2, p. 1-18, 2020.</p>
<p>NASCIMENTO, Elia Wedja Renata Corrêa. Caracterização físico-química de amêndoas de cacau de ilha de várzea do Baixo Tocantins submetidas a diferentes métodos de secagem. 2023.</p>
<p>NASCIMENTO, C.; OLIVEIRA, D.; SOUZA, E. Efeito da umidade inicial na cinética de secagem da amêndoa de cacau. <i>Engenharia de Alimentos em Foco</i>, v. 10, n. 4, p. 87-94, 2023.</p>
<p>PACHÊCO, N. A.; SANTIAGO, A. V.; CORDEIRO, A. H. F.; BASTOS, T. X. <i>Boletim agrometeorológico de 2009 para Tomé-Açu, PA</i>. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. p. 37 (Documentos, 377).</p>
<p>REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. <i>NOVOS CADERNOS NAEA</i>, Pará, v. 20, p. 203-224, 2017.</p>
</div>
<div data-bbox=)