

ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO RESÍDUO DE AÇAÍ E SUAS PROPRIEDADES PARA UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA COMO FONTE ENERGÉTICA ALTERNATIVA

Gabriel Gomes De Luca Gonçalves¹ (IC), Hugo Perazzini¹ (PQ)

¹Instituto de Recursos Naturais - Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Ângulo de repouso dinâmico; Permeabilidade; Leito fixo; Monocamada; Camada delgada

Introdução

Ao longo dos anos, a busca por novas fontes energéticas cresceu devido a dependência da humanidade na utilização de recursos escassos para a produção de energia elétrica. Assim, o desenvolvimento de projetos de geração de energia, a partir de fontes renováveis como a biomassa, tornaram-se uma tendência. Para isso, é necessário que o insumo esteja em condições ótimas de umidade para que o processo ocorra com eficiência. Dessa forma, um estudo da cinética de secagem e das propriedades desses insumos, visando a otimização e a viabilidade da secagem do material é fundamental, já que a operação unitária exige quantidades significativas de energia para ser realizada (NASCIMENTO & ALVES, 2016).

Portanto, a pesquisa teve como objetivo o estudo da cinética de secagem do caroço de açaí em monocamada em uma estufa e em camada delgada em um secador de leito fixo, a fim de realizar a análise comparativa e observar a interferência da variação de parâmetros como temperatura de secagem e velocidade de escoamento do ar no processo. Além disso, foi desenvolvido um instrumento capaz de fazer a biomassa permanecer em leito fixo ao longo da secagem e determinou-se propriedades como ângulo de repouso e a permeabilidade da partícula, com o intuito de, respectivamente, definir a melhor eficiência no armazenamento do material e observar a influência do escoamento do fluido em partículas porosas.

Metodologia

- Montagem do instrumento:

Colou-se a tela de aço ao arco metálico, abrindo um pequeno buraco no centro do material, onde a haste rosqueada pôde ser introduzida. Então, através das arruelas e porcas, prendeu-se a haste na tela de aço, deixando o instrumento firme e pronto para ser utilizado. O instrumento e os materiais utilizados podem ser visualizados através da Figura 1.

- Secagem em monocamada:

A fim de realizar a secagem em monocamada do resíduo de açaí, primeiramente foi realizado o descongelamento do caroço de açaí por 12 horas em uma geladeira e depois 30 minutos a temperatura ambiente.

Após, colocou-se uma camada da amostra em uma placa de petri e introduziu-se em uma estufa, regulando sua temperatura de operação. Então, pesou-se a amostra de 15 em 15 minutos e anotou-se os valores ao longo do tempo, até atingir o equilíbrio.

Dessa forma, utilizando as Equação 1 mediu-se a razão de umidade adimensional (X^*).

$$X^* = \frac{X_n - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad (1)$$

Em que:

X^* - Umidade adimensional [-];

X_{eq} - Umidade de equilíbrio [g H₂O/g sólido seco];

X_0 - Umidade inicial [g H₂O/g sólido seco];

X_n - Umidade no ponto n [g H₂O/g sólido seco];

- Secagem em camada delgada:

A secagem em camada delgada do resíduo de açaí, foi realizada, a partir do descongelamento do caroço de açaí por 12 horas em uma geladeira e depois 30 minutos a temperatura ambiente.

Após isso, colocou-se a amostra em um leito e introduziu-se no secador, regulando sua temperatura e sua velocidade de operação. Então, pesou-se a amostra de 10 em 10 minutos e anotou-se os valores ao longo do tempo, até atingir o equilíbrio

Dessa forma, através da Equação 1 mediu-se a razão de umidade adimensional (X^*).

- Determinação do ângulo de repouso dinâmico:

Primeiramente, introduziu-se as amostras de caroço de açaí até a metade de um cilindro rotatório. Após, rotacionou-se o equipamento no sentido horário e

anti-horário até que as partículas começassem a deslizar. Então, através da medição do equipamento, determinou-se o ângulo formado em cada sentido e calculou-se a média aritmética entre eles.

- Determinação do coeficiente de permeabilidade:

Para determinação do coeficiente de permeabilidade da biomassa, primeiramente, introduziu-se uma camada de altura $L = 0,36$ m de resíduo de açaí em um leito de borossilicato.

Realizou-se o teste de fluidização do leito, colocando-o em um secador e escoando ar ao longo dele. Então, mediu-se a queda de pressão no leito, conforme variou a velocidade de escoamento do ar.

Anotou-se os dados de velocidade (u) e queda de pressão no leito (ΔP), a fim de linearizá-los através da Equação 2, chamada de Equação de Forchheimer.

$$\frac{\Delta P}{L \cdot u} = \frac{c \cdot \rho_g \cdot u}{\sqrt{k}} + \frac{\mu_g}{k} \quad (2)$$

c - Adimensional [-];

μ_g - Viscosidade do ar [Pa.s];

ρ_g - Densidade do ar [kg/m³];

k - Coeficiente de permeabilidade [m²];

Dessa forma, após realizar a linearização no Excel, e sabendo os coeficientes angular e linear da regressão, substituiu-se os valores na Equação 2 e determinou-se o coeficiente de permeabilidade experimental do resíduo de açaí.

Resultados e discussão

- Instrumento desenvolvido:

Figura 1 – Instrumento e seus componentes

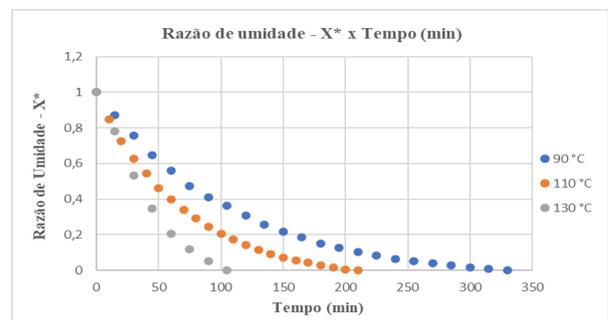


Fonte: Autoria própria.

- Cinética de secagem do resíduo de açaí em monocamada:

A Figura 2 mostra as curvas de secagem do caroço de açaí em monocamada a diferentes temperaturas, evidenciando o comportamento da umidade ao longo do tempo.

Figura 2 - Gráfico comparativo da umidade nas temperaturas de 90 °C, 110 °C e 130 °C



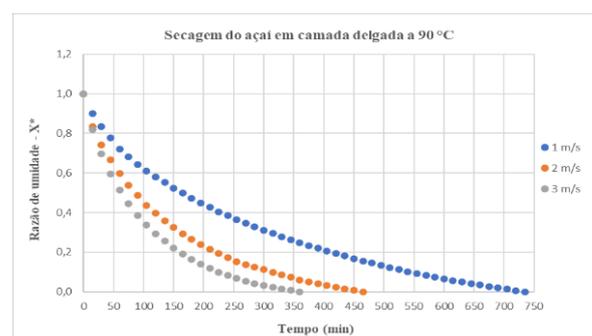
Fonte: Autoria Própria.

Percebe-se que com o aumento da temperatura, o tempo de secagem diminui, portanto, conclui-se que há uma influência significativa desse parâmetro para cinética de secagem da partícula. Isso indica, que houve uma maior evaporação de água em condições de temperaturas elevadas, devido ao aumento da agitação das moléculas de água no interior da partícula, o que intensifica a transferência de massa.

- Cinética de secagem do resíduo de açaí em camada delgada:

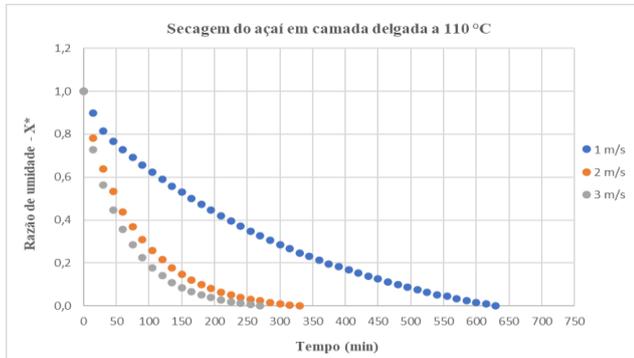
As Figuras 3, 4 e 5 mostram as curvas de secagem do caroço de açaí em camada delgada a diferentes velocidades de escoamento do ar e temperaturas.

Figura 3 - Gráfico comparativo da umidade em base úmida a temperatura de 90 °C



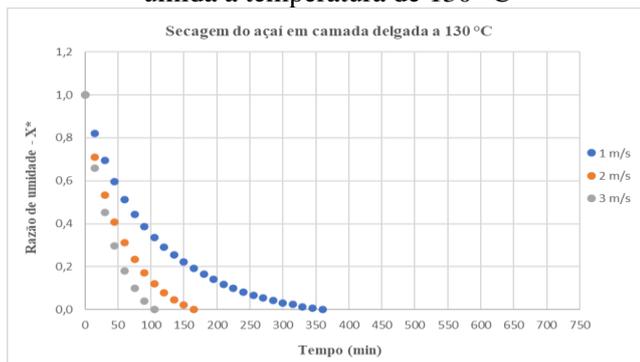
Fonte: Autoria Própria.

Figura 4 - Gráfico comparativo da umidade em base úmida a temperatura de 110 °C



Fonte: Autoria Própria.

Figura 5 - Gráfico comparativo da umidade em base úmida a temperatura de 130 °C



Fonte: Autoria Própria.

Nota-se que a velocidade do ar de secagem tem impacto no comportamento da umidade pelo tempo nos experimentos. Quanto maior a velocidade for, maior será a difusão do ar através da camada limite da superfície do material, o que diminui a resistência da partícula a transferência de calor.

- Ângulo de repouso dinâmico:

Os resultados obtidos com o experimento do ângulo de repouso dinâmico do resíduo de açaí em diferentes umidades estão descritos através das Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5.

Tabela 1 - Ângulo de repouso dinâmico do caroço de açaí a umidade de 0%

N	Horário	Anti-Horário	Média
1	34°	38°	36°

2	36°	32°	34°
3	32°	36°	34°
4	38°	32°	35°
5	40°	36°	38°

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Ângulo de repouso dinâmico do caroço de açaí a umidade de 11,86%

N	Horário	Anti-Horário	Média
1	36°	32°	34°
2	32°	34°	33°
3	34°	36°	35°
4	38°	36°	37°
5	32°	32°	32°

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Ângulo de repouso dinâmico do caroço de açaí a umidade de 18%

N	Horário	Anti-Horário	Média
1	36°	38°	37°
2	34°	36°	35°
3	36°	40°	38°
4	32°	34°	33°
5	34°	38°	36°

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 - Ângulo de repouso dinâmico do caroço de açaí a umidade de 25%

N	Horário	Anti-Horário	Média
1	36°	36°	36°
2	32°	34°	33°
3	36°	30°	33°
4	30°	36°	33°
5	38°	30°	34°

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Ângulo de repouso dinâmico do caroço de açaí a umidade de 30,97%

N	Horário	Anti-Horário	Média
1	40°	36°	38°
2	34°	40°	37°
3	38°	36°	37°
4	34°	32°	33°
5	38°	38°	38°

Fonte: Autoria propria

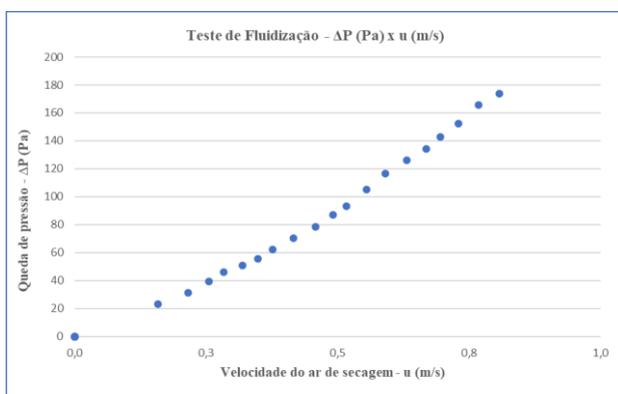
Percebe-se pouca variabilidade dos dados, já que os valores médios de ângulo de repouso tiveram

similaridade ao longo dos experimentos realizados a diferentes umidades.

- Coeficiente de permeabilidade:

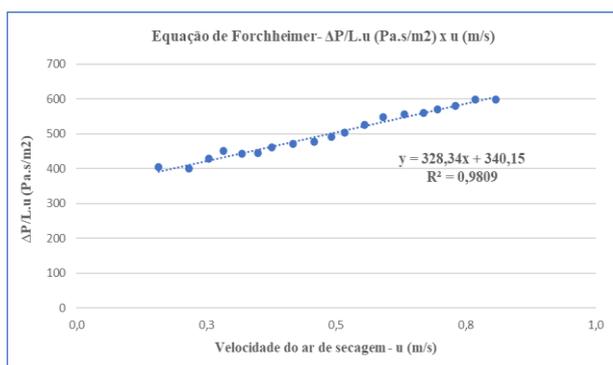
Os dados médios obtidos através do teste de fluidização do leito e sua linearização via Equação de Forchheimer, para determinação do coeficiente de permeabilidade, estão representados através das Figuras 6 e 7.

Figura 6 - Gráfico da fluidização do leito preenchido com resíduo de açaí



Fonte: Autoria Própria.

Figura 7 - Gráfico da linearização pela Equação de Forchheimer



Fonte: Autoria Própria.

Dessa forma, determinou-se o coeficiente de permeabilidade como indicado na Tabela 6.

Tabela 6 - Valor do coeficiente de permeabilidade experimental do resíduo de açaí

Coeficiente de permeabilidade k (m²)
5,49E-08

Fonte: Autoria Própria.

Conclusões

Os resultados obtidos através do estudo da cinética de secagem do resíduo de açaí, mostraram que, como esperado, a temperatura e a velocidade de escoamento do ar tem impacto significativo na secagem da biomassa.

Percebeu-se que a biomassa apresenta resistência a secagem em velocidades de escoamento inferiores, o que pode ser visualizado através dos gráficos de umidade pelo tempo, onde as curvas das velocidades de 2 m/s e 3 m/s, apresentaram proximidade maior uma da outra quando comparadas as curvas de 1 m/s.

Dessa forma, as descobertas do presente trabalho contribuem para que, em estudos futuros, os dados sejam utilizados para verificar a viabilidade do projeto de um secador industrial.

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Dr. Hugo Perazzini pela oportunidade de realizar a iniciação científica e por todo o incentivo e aprendizado ao longo do meu período de graduação. Agradeço, ainda, à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e ao programa PIBIC UNIFEI por oferecer condições e incentivar a pesquisa no meio acadêmico.

Referências

ALVES, S.B. **Estudo teórico e experimental do processo de secagem do Abacate (*Persea americana Mill*)**. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/7576/2/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 10/09/2023.

NASCIMENTO, R.S; ALVES, G.M. **Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e benefícios ambientais**. 2016. Disponível em: <https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf>. Acesso em: 10/09/2023.

GELDART, et al. **Characterization of powder flowability using measurement of angle of repose**. 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1672251507602474>>. Acesso em: 10/09/2023