

APLICAÇÃO DE ENERGIA SOLAR COMO TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUO DO COCO VERDE

Maria Júlia de S. S. Gargaglione¹ (IC), Maisa Tonon B. Perazzini (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Biomassa. Secador Solar. Secagem.

Introdução

O desenvolvimento de técnicas para aproveitamento de resíduos agroindustriais vem ganhando crescente importância devido à sua alta disponibilidade e à necessidade de criar soluções para gerenciamento desses resíduos. Para que esse tipo de resíduo possa ser reaproveitado, deve-se passar por algum tratamento prévio, como por exemplo a secagem. Por meio desta, a umidade do material é reduzida até atingir um percentual desejável de acordo com a finalidade em que ela será utilizada. Nesse contexto, a energia solar apresenta-se como uma alternativa viável e de baixo custo para a secagem desses resíduos quando comparado com a secagem artificial (FERREIRA, GONÇALVES e MAIA, 2014), com benefícios significativos para o meio ambiente. O aproveitamento da energia solar, por sua vez, pode ser obtido pelo uso de um secador solar. Neste caso, o secador proporciona um aumento da temperatura interna dele em relação ao ar externo, favorecendo o processo de secagem do sólido. Além disso, esse secador pode apresentar diferentes configurações, podendo ser utilizado com convecção natural ou forçada, quando é necessário a instalação de um equipamento, como o ventilador, por exemplo, e também pode ser configurado para receber a irradiação solar direta ou indireta (SILVA, 2013). Assim, a fim de identificar a cinética de secagem do resíduo de coco verde pela aplicação da energia solar, utilizou-se um secador solar durante as estações de outono e inverno na cidade de Itajubá, no estado de Minas Gerais. Além disso, verificou-se a influência das condições climáticas no processo da secagem, obtendo-se os valores da irradiação solar, as temperaturas do ar ambiente e do secador solar e a umidade no interior do secador e no ar ambiente. O estudo teve intuito de apresentar uma alternativa para o tratamento de um resíduo agroindustrial, visando o seu reaproveitamento, visto que foi utilizada uma energia limpa, gratuita e abundante, que é o caso da energia

solar.

Metodologia

1. Unidade Experimental

Para a realização da secagem, utilizaram-se uma bandeja com as seguintes dimensões: 27 cm de largura e 42 cm de comprimento, sendo seu entorno feita em madeira e com uma chapa de alumínio para sua altura, que por sua vez foi disponibilizada pelo laboratório da Universidade Federal de Itajubá, assim como as células confeccionadas com chapa de alumínio e tela de aço, apresentadas na Figura 1, e o secador solar.

Figura 1 - Células na Bandeja com o Resíduo



O secador solar utilizado, apresenta as seguintes dimensões: comprimento de 80 cm, largura de 42 cm, na parte maior possui altura de 42 cm e na parte menor altura de 26,5 cm, possui 2 furos de diâmetro 6 cm e a placa de madeira no interior tem 31 cm de altura e fica localizado na Universidade Federal de Itajubá, com as seguintes coordenadas: latitude de S 22°24'43,49" e longitude de W 45°27'0,57". O secador, apresentado pela Figura 2, foi confeccionado em madeira, com a parte superior fechada com vidro. As ventoinhas foram instaladas na parte superior e inferior do secador, tendo um potenciômetro para regular a sua velocidade de funcionamento.

Figura 2 - Secador Solar



Os números 1, 2, 3 e 4 correspondem a entrada do secador, a ventoinha superior e inferior e o potenciômetro, respectivamente. Já as áreas compreendidas pelos números 5 e 6, correspondem à câmara de secagem e ao coletor solar, respectivamente.

Além disso, três termopares foram instalados no seu interior, a fim de verificar as temperaturas na entrada da ventoinha superior, na saída do secador (ventoinha inferior) e no sólido. Esses dados foram observados em tempo real em um *display* localizado no laboratório. Já as informações de umidade e temperatura ambiente, foram obtidas de outros termopares e verificadas pelo programa Arduino. As informações da radiação solar foram obtidas por meio do piranômetro da marca Hukseflux, modelo SR05-D2A2, instalado próximo ao secador solar. Para pesagem do resíduo, utilizou-se a balança semianalítica, da marca BALMAK e modelo ELP-25, com erro de 2g/5g. Já para as células, utilizou-se uma balança analítica, da marca SHIMADZU, modelo AUW220D, erro 1 mg.

2. Experimentos de Secagem

Primeiramente, no dia 25 de abril de 2024 (outono), foi realizada a secagem do coco em pedaços colocados em 6 células que foram distribuídas em uma bandeja inserida no secador solar. Cada uma das células apresentava uma altura de 4 cm e diâmetro de 6 cm, aproximadamente, que foram completamente preenchidas. Além disso, foi utilizada a convecção forçada do ar, com o acionamento das duas ventoinhas, localizadas na entrada e na saída do secador a uma velocidade de 2 m/s. Após a secagem, as amostras foram colocadas na estufa a 105 °C durante 24 horas. Já nos dias 05, 06 e 07 de julho do mesmo ano (inverno), as secagens foram feitas sem as células, utilizando toda a área da bandeja para preencher com o coco, com uma espessura de 2,5 cm e utilizando a convecção forçada. Já nos dias 10, 11 e 12 de julho (inverno) o experimento foi realizado com convecção natural (ventoinha desligada).

Para verificação da umidade do resíduo ao

longo do tempo, as células foram preenchidas com aproximadamente a mesma massa, 44 g, e com a mesma espessura do resíduo da casca do coco, de 4 cm. Após isso, elas foram colocadas na bandeja, que por sua vez foi colocada no secador. A cada 1 hora as células eram retiradas e colocadas em uma caixa fechada contendo sílica-gel, para serem levadas até a balança sem absorver umidade ambiente. O mesmo foi realizado nos experimentos em que se utilizou somente a bandeja, porém a pesagem era feita a cada 30 minutos.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos no experimento utilizando células em diferentes posições do secador. Nota-se através dos valores obtidos da umidade inicial e final das amostras e pelo desvio padrão de 3,1 que houve diferença entre as posições das células. Isso pode ter ocorrido devido a diferença da irradiação incidente no secador ao final do experimento, quando começa o surgimento de sombras em determinados pontos.

Tabela 1 - Secagem em 1 Dia com Células

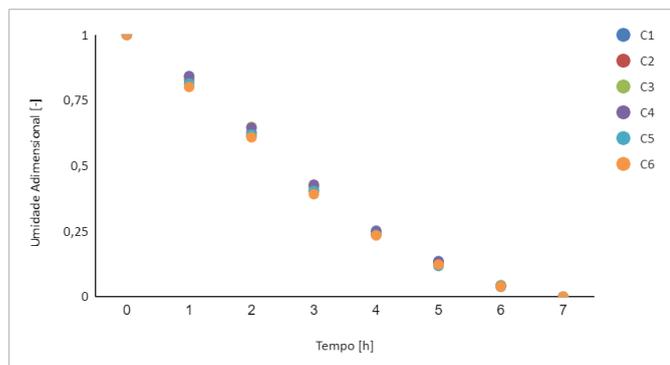
Parâmetros	Célula 1	Célula 2	Célula 3
Umidade Inicial (b.u.) [%]	87,4	86,3	86,8
Umidade Final (b.u.) [%]	44,9	53,3	46,6
Parâmetros	Célula 4	Célula 5	Célula 6
Umidade Inicial (b.u.) [%]	86,3	86,4	86,7
Umidade Final (b.u.) [%]	47,6	50,7	47,1

Pode-se observar que um único dia não foi suficiente para que a secagem atingisse valores em torno de 20% de umidade. Os autores Morsyleide *et al.* (2001) citam que para a casca do coco verde atingir uma umidade entre 15% e 20%, foi necessário cerca de 4 dias de secagem ao sol. Desta forma, a secagem passou a ser realizada em três dias seguidos.

A Figura 3 mostra que a cinética de secagem de todas as células, correspondentes a C1 a C6, ocorreu de forma similar e seguindo o comportamento esperado da

curva de secagem, como visto na literatura de Celestino (2010), com os períodos de secagem constante e decrescente.

Figura 3 - Umidade Adimensional versus o Tempo do dia 25/04



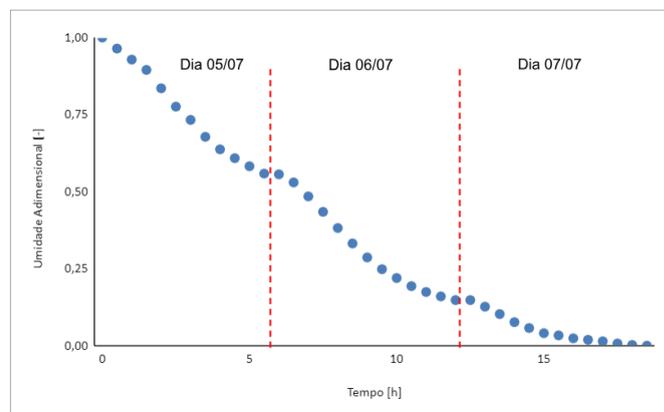
A Tabela 2 mostra os dados da secagem realizada durante 3 dias consecutivos, o que proporcionou uma umidade final da amostra de 6,9%. Nesse experimento, também foi atingido uma umidade inferior a 20% somente com dois dias de experimento.

Tabela 2 - Secagem no Secador Solar em 3 Dias com Bandeja (05/07, 06/07 e 07/07)

Parâmetros	Dia 1	Dia 2	Dia 3
Umidade Inicial (b.u.) [%]	86,7	51,2	18,7
Umidade Final (b.u.) [%]	51,4	18,7	6,9

A Figura 4 apresenta a cinética de secagem do resíduo durante três dias de secagem. Os pontos em que há uma leve curva, provavelmente se devem à proximidade do primeiro valor obtido de umidade do segundo dia com o último valor obtido no primeiro dia.

Figura 4 - Umidade Adimensional versus o Tempo dos dias 05/07, 06/07 e 07/07



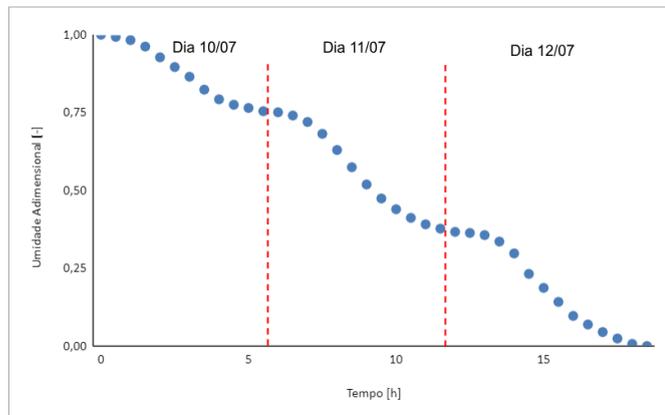
Para comparação dos resultados entre a convecção forçada e natural, realizou-se o experimento sem a utilização da ventoinha. O resultado obtido é apresentado na Tabela 3 e nota-se que mesmo com 3 dias de experimento, não foi suficiente para que a umidade final fosse igual ou menor que 20%.

Tabela 3 - Secagem em 3 Dias com Bandeja (10/07, 11/07 e 12/07)

Parâmetros	Dia 1	Dia 2	Dia 3
Umidade Inicial (b.u.) [%]	84,9	71,1	49,7
Umidade Final (b.u.) [%]	71,3	49,9	29,6

Além da retirada da ventoinha, o primeiro dia do experimento apresentou elevada umidade do ar ambiente, o que também contribuiu para o resultado final, visto que a umidade elevada dificulta a transferência de umidade do material para o ar. Ademais, a irradiação apresentou grande variabilidade, principalmente no primeiro dia da secagem. Assim, pôde-se verificar que as condições climáticas do dia influenciam no processo da secagem em um secador solar. Já a umidade adimensional do material seguiu o mesmo comportamento observado nos demais experimentos realizados, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Umidade Adimensional *versus* o Tempo dos dias 10/07, 11/07 e 12/07



Como pôde ser observado, mesmo as secagens tendo sido realizadas no período em que não são observadas os maiores valores de irradiação solar na cidade de Itajubá, foram necessários 2 dias consecutivos de secagem para que o resíduo apresentasse umidade inferior ou igual a 20%, sendo então um período inferior ao que foi visto por outros autores, como Nunes (2022) e Morsyleide *et al.* (2001). Isso demonstra que o secador solar é mais eficiente do que a secagem ao ar livre, pois mantém uma temperatura interna mais alta do que a temperatura ambiente, resultando em um processo de secagem mais rápido comparado ao estudo de Morsyleide *et al.* (2001). Isso pode ter ocorrido devido a quantidade de resíduo de coco utilizada ter sido diferente ao dos autores citados, assim como as condições climáticas divergentes dos locais em que foram feitos os experimentos.

Conclusões

Por meio desse estudo foi possível verificar a cinética de secagem da casca do coco verde. Além da configuração do secador, variáveis como irradiação solar e a umidade do ar também exerceram influência no resultado final, fazendo com que no dia em que a umidade foi mais alta e a irradiação mais instável, a umidade em base úmida do material não atingiu os valores encontrados quando as condições eram mais favoráveis, sendo então uma desvantagem do secador solar, apesar de ainda ser uma melhor opção comparada a secagem ao ar livre. Por isso, faz-se necessário mais pesquisas acerca da configuração do secador solar a fim de mitigar a influência das condições climáticas.

Portanto, para as características descritas nessa pesquisa, a umidade do resíduo da casca do coco verde demandou um período de dois dias consecutivos para

reduzir a sua umidade aproximada de 87% para um valor próximo a 20%. Quando esse período se estendeu para três dias consecutivos, o valor da umidade atingida foi de apenas 6,9%.

Espera-se que o estudo realizado possa contribuir para próximas pesquisas sobre a secagem do resíduo de coco verde utilizando um secador solar.

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para realizar essa Iniciação Científica, à FAPEMIG pelo financiamento do projeto (APQ-02488-21), edital N° 001/2021 – Demanda Universal. Agradeço também à minha orientadora, Professora Dr^a Maisa Tonon Bitti Perazzini, e a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) por todo suporte técnico e orientação ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa.

Referências

- CELESTINO, S.M.C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. [s.l.: s.n.]. Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77765/1/doc-276.pdf>.
- FERREIRA, A.G.; GONÇALVES, L.M.; MAIA, C.B. **Solar drying of a solid waste from steel wire industry**. Elsevier, 2014.
- MORSYLEIDE, F.R.; SANTOS, F.J.S.; MONTENEGRO, A.A.T.; ABREU, F.A.P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F.B.S.; NORÕES, E.R.V. **Caracterização Do Pó Da Casca De Coco Verde Usado Como Substrato Agrícola**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Comunicado Técnico, 54). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/5862/1/Ct-054.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R. dos; SANTOS, T. C. dos. **Tecnologia para Biodegradação da Casca de Coco Seco e de outros Resíduos do Coqueiro**. Aracaju: Embrapa, 2007, 6 p.(Circular Técnica, 46). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/372218/1/ct46.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- SILVA, T.S. **Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.