

Projeto estrutural de um secador convectivo de bancada de baixo custo

Structural Design of a Low Cost Benchtop Convective Dryer

William Júnior Ribeiro dos Santos
Junior10k2@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

Igor Bergamo de Moura
igorbergamomoura@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

Gracielle Johann
graciellej@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

Dionatan Augusto Guimarães Cieslak
dcieslak@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

RESUMO

O projeto de secadores de grande escala implicam no conhecimento prévio do material a ser seco, bem como o comportamento perante condições de operação do secador. Esse estudo é chamado de cinética de secagem, que descreve o comportamento do produto quando ocorre a transferência simultânea de calor e massa. Entretanto, quando novos produtos são desenvolvidos, e devem ser submetidos ao processo de secagem, não há embasamento suficiente que descreva o comportamento de sua secagem, então, há a necessidade de ensaios laboratoriais. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver o projeto estrutural de um secador convectivo de leito fixo de bancada de baixo custo. O equipamento possibilitará a coleta e análise de dados experimentais, operando em temperatura dentre 40 e 80°C, e velocidade do ar de secagem de 1 a 5 m/s. O projeto do protótipo apresentou um custo de R\$ 755,00, sendo projetado com os seguintes equipamentos: tubo galvanizado, microventilador axial, resistência elétrica, manta térmica, abraçadeiras, funil de aço inox, tela de arame, madeiras, rebite e prego.

PALAVRAS-CHAVE: Sólidos biológicos. Fenômenos de transporte. Curva de secagem.

ABSTRACT

The design of large-scale dryers implies the prior knowledge of the material to be dried as well as the behavior under operating conditions of the dryer. This study is called drying kinetics, which describes the behavior of the product when the simultaneous transfer of heat and mass occurs. However, when new products are developed and must be submitted to the drying process, there is insufficient basis to describe the drying behavior, so there is a need for laboratory tests. With this, the objective of the present work was to develop the structural design of a low cost bench fixed bed convective dryer. The equipment will allow the collection and analysis of experimental data, operating at temperatures between 40 and 80 ° C, and drying air velocity from 1 to 5 m/s. The prototype project presented a cost of R\$ 755,00 and is designed with the following equipment: galvanized pipe, axial fan, electric resistance, thermal blanket, cable ties, stainless steel funnel, wire mesh, wood, rivet and nail.

KEYWORDS: Biological solids. Transport phenomena. Drying curve.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos a humanidade vem utilizando mecanismos para conservação de alimentos, sendo um deles a secagem em natura de carnes e peixes, pelo homem pré-histórico, no qual consiste na remoção do teor de água de seus alimentos através da exposição à radiação solar e ao vento. Já nas primeiras civilizações como Egito e Mesopotâmia a secagem era empregada na agricultura, para que grãos e sementes produzidos, pudessem perdurar por mais tempo (CARVALHO, 2005).



Entretanto, com a revolução industrial o método de secagem passou de natural para forçado, principalmente após as duas grandes guerras mundiais, na qual a demanda por alimentos teve um crescimento exponencial, devido ao boom populacional, desde os pequenos centros urbanos até as grandes megalópoles, assim a utilização de secadores em processos industriais tendo sua importância engrandecida.

O emprego dos secadores foi sendo fragmentado em diversas áreas e processos ao longo do tempo, tais como nas indústrias de papel e celulose, seda, couro, lã, fumo, sabão, cola, fármacos, agrícola, alimentícia, química, mineral, cerâmico e de polímeros entre outros.

Atualmente no Brasil, as áreas que mais se destacam na utilização desses equipamentos são as indústrias de alimento e agrícola, que visam utilizar deste processo para conservação de seus produtos, que se beneficiam com esse mecanismo tendo sua redução do volume, atividades metabólicas e enzimática no caso de sementes e grãos, e na diminuição de microrganismos e oxidação de alimentos. Diante disso, ao remover adequadamente a concentração de água do produto, permite-o que seu manuseio e armazenamento em temperatura ambiente não afetem sua qualidade nutricional (VIEIRA, 2014).

Com essa vasta área de aplicação, o engenheiro que projeta e elabora a construção de um secador industrial tem que levar em consideração, a investigação do produto a ser seco, quanto cálculos dimensionais e volumétrico do equipamento. Sendo o processo de secagem descrito como a transferência de um líquido contido em um corpo sólido para o ambiente a qual está inserido, sem que aja mudanças brusca de característica do material a ser seco, podendo esse processo ser natural, forçado ou misto (FOUST et al., 2015).

A secagem natural ocorre através da radiação solar e a dinâmica aleatória do ar que entra em contato com o material, já na forçada um equipamento é utilizado para efetuar essa operação, nele o fluxo de ar é produzido artificial por ventiladores, formando assim o fluido interno, que posteriormente é aquecido por trocadores de calor, antes de atingir o material, no processo misto a secagem é efetuada com ambas as técnicas (SEVERINA S., 2016).

No caso de sólidos biológicos, a remoção parcial desse líquido ocorre através da movimentação dessas partículas contidas na superfície ou folículos do material em relação ao fluido que o permeia, esse fenômeno é conhecido, como transferência simultânea de calor e massa (PESSOA JR.; KILIKIAN, 2005).

Todo corpo possui massa e energia, sendo que a energia contida em um corpo pode ser transferida através de interações para com sua vizinhança, até que esse sistema possa atingir um estado de equilíbrio, seguindo o gradiente de concentração de cada característica física ou química do sistema. Consequentemente, a transferência de calor ou de massa segue esse princípio, em que o calor é descrito com energia térmica de um corpo e a massa é a quantidade de matéria contida no corpo. Logo, a transferência simultânea de calor e massa descreve o fenômeno ocorrido quando ambas as operações são executadas ao mesmo tempo, podendo ela ser por condução ou convecção (HALLIDAY, 2008) e (BERGMAN et al., 2014).

A condução é a transferência de energia térmica entre as interações de partículas com maior grau de excitação para partículas com menor grau de



excitação seguindo a difusão do sistema, já a convecção ocorre apenas quando há um fluido envolvido, e é dada pela transferência de energia térmica entre a movimentação global das moléculas contida no fluido para com as moléculas da superfície de um corpo (BERGMAN et al., 2014).

Nesse contexto, para selecionar o melhor equipamento de secagem, antes deve ser feito um levantamento de informações do processo, matéria-prima e o produto que se quer obter. Embora alguns autores desenvolvem seleção dos secadores de um modo próprio, identifica-se uma linha geral no procedimento de escolha do equipamento. Diversos autores estabelecem um roteiro ou fluxograma com questionamentos segundo os quais somos dirigidos ao equipamento mais apropriado para cada processo (FELIPE; ALONSO, 2001).

Na prática, para elaboração de um secador, deve-se levar em consideração três princípios básicos de seu funcionamento, o equipamento deve possuir um fluxo constituído de um fluido que entre em contato com o material, um trocador de calor para com o fluido, e um local que receba a matéria a ser seco. Assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver o projeto estrutural de um secador convectivo de leito fixo de bancada de baixo custo para estudos de cinética de secagem, através de cálculos dimensionais e fluidodinâmicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do projeto estrutural do secador convectivo de bancada de baixo custo, primeiramente foram realizados os cálculos fluidodinâmicos, referentes às necessidades de ventilação e calorífica do sistema.

De acordo com Brooker, Bakker-Arkema & Hall (1974), as condições padrão de operação de um secador convectivo são de 40 a 80 °C, e 1 a 5 m/s. Considerando a disponibilidade de um túnel de vento de 0,12 m de diâmetro, constituído de aço galvanizado, o corpo do secador será construído com curvas em suas extremidades para dispersão e homogeneização do fluxo interno.

A quantidade de energia necessária para fornecer o calor no intervalo de temperatura especificado, é calculada por:

$$Q = \int_{T_0}^{T_D} \rho c_p \dot{m} dT \quad (1)$$

Em que Q é a energia térmica (kW), T_D é a temperatura máxima dentro do sistema (K), T_0 é a temperatura fora do sistema (K), ρ é a densidade do fluido (kg/m³), c_p é o calor específico do fluido (kJ/kg K), e \dot{m} é a vazão do sistema (m³/s).

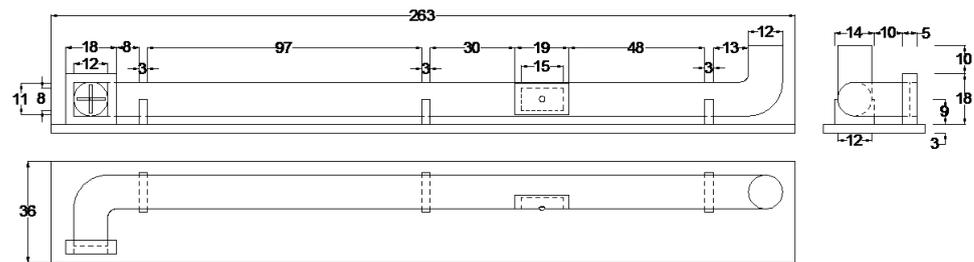
O secador será construído com base em um tubo de aço galvanizado de 2,0 m de comprimento e 0,12 m de diâmetro, duas curvas tubulares de aço galvanizado de 0,25x0,25 m e 0,12 m de diâmetro, um funil 0,12x0,1x0,06 m de diâmetro, como constituintes de seu corpo, três abraçadeiras galvanizadas tipo U de 0,12 m de diâmetro para fixação do equipamento no suporte, uma tabua de madeira 0,263x0,36x0,3 m como suporte, oito ripas de madeira 0,18x0,5x0,3 m para auxiliar na fixação do ventilador ao suporte, um ventilador axial de 0,12x0,12x0,38 m para dispersor do fluido, duas resistência elétrica 0,115x0,06 m como trocador de calor, um tela de arame 1x1 m para suporte do material, uma

manta térmica, um saco de pregos médio e 12 rebites para fixação final do equipamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

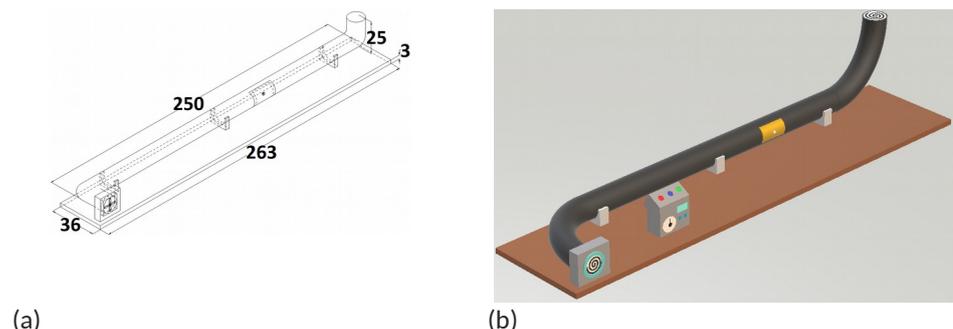
Da Eq. (1), a potência necessária para a operação do secador é 0,19 a 3,09 kW, e sua vazão variará entre 0,0034 e 0,017 m³/s, considerando 20% de perda de carga, respectivamente para 40 e 80 °C. As dimensões mecânicas do equipamento elaborada no AutoCad são demonstradas em vista frontal, lateral e superior na Figura (1), já na Figura 2(a) perspectiva isométrica e Figura 2(b) sua ilustração tridimensional, suas cotações estão em escala 1:100, unidade (cm).

Figura 1 - Projção do secador



Fonte: próprio autor.

Figura 2 - Visualização do secador, (a) perspectiva isométrica, (b) tridimensional



(a)

(b)

Fonte: próprio autor.

O custo dos materiais a serem empregados na construção do secador são elencados na Tabela (1).

Tabela 1 - Materiais e respectivos custos do secador

Componentes	Quantidade	Valor Unitário	Total
Tubo Galvanizado 1000x120mm(Ø)	3	R\$ 41,00	R\$ 123,00
Curva Tubo Galvanizado 250x120mm(Ø)	2	R\$ 14,00	R\$ 28,00
Base de Madeira 2630x360x30mm	1	R\$ 160,00	R\$ 160,00



Abraçadeira Galv. Tipo U 120mm(Ø)	3	R\$ 6,00	R\$ 18,00
Funil Aço Inox 100x60mm(Ø)	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00
Ripa de Madeira 180x50x30mm	8	R\$ 3,00	R\$ 24,00
Tela de Arame Galvanizado	1	R\$ 14,00	R\$ 14,00
Microventilador Axial Ultrar DF12038HSL2	1	40,00	40,00
Resistência Elétrica	2	64,00	128,00
Manta Térmica	1	R\$ 156,00	R\$ 156,00
Rebite	12	R\$ 2,50	R\$ 30,00
Saco de Pregos Médio	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
TOTAL	-	-	R\$ 755,00

Fonte: próprio autor.

Da Tabela 1, é possível observar que, para efetuar a construção do secador, serão necessários R\$ 755,00.

CONCLUSÃO

Com parâmetros de operação estabelecidos para construção do secador, os cálculos dimensionais e fluidodinâmicos demonstraram que a geometria, a insuflação do ar de secagem e seu trocador de calor são de suma importância, pois através desses, podemos garantir que o fluido interno do equipamento possa ser distribuído uniformemente sobre a amostra. Assim, garantindo uma melhor análise e coleta de dados de secagem. Tendo baixo custo, foi possível demonstrar efetividade em sua elaboração. Portanto o protótipo apresentou viabilidade em sua construção, como possibilidade em estudo do comportamento de secagem, e/ou comparação de dados para validação de modelos matemáticos de secagem já proposto pela literatura.

REFERÊNCIAS

BERGMAN, THEODORE L., LAVINE, ADRIENNE S., INCROPERA, FRANK P., DEWITT, DAVID P. **Fundamentos de transferência de Calor e de Massa**. 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying cereal grains**. New York: AVI Publishing Company, 1974



CARVALHO, NELSON M. C. **A Secagem de Sementes**. 2. Ed. Jaboticabal: Funep, 2005.

FELIPE, L.; ALONSO, T. **Algoritmos de Seleção e Dimensionamento de Secadores**. 2001. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Campinas, 2001. Disponível em:
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257547/1/Alonso_LuisFelipeToro_D.pdf Acesso em: 29 ago. 2018.

FOUST, ALAN S. WENZEL, LEONARD A. CLUMP, CURTIS W. MAUS, LOUIS ANDERSEN, L. BRYCE. **Princípios das Operações Unitárias**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

HALLIDAY D., RESNICK R., WALKER J. **Fundamentos de Física** 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PESSOA JR., A.; KILIKIAN, B. **Purificação de Produtos Biotecnológicos**. São Paulo: Manole, 2005.

SEVERINA S., V. **Transferência de Calor e Massa em Materiais com Forma Complexa via Método da Análise Concentrada**. Estudo de Caso: Secagem de Materiais Cerâmicos. 2016. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Campina Grande, 2016. Disponível em:
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/930/1/VERAL%C3%9ACIA%20SEVERINA%20DA%20SILVA%20%E2%80%93%20TESE%20%28PPGEP%29%202016.pdf> Acesso em: 29 ago. 2018.

VIEIRA, A. S. **Secagem De Resíduo De Goiaba Em Secador Convectivo De Bandejas : Modelagem Matemática E Análise Do Processo**. 2014. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em:
https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19787/1/AndreiaSoutoVieira_TESE.pdf Acesso em: 29 ago. 2018.