

## **EXECUÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO DE UM SECADOR CONVECTIVO DE BAIXO CUSTO**

**Igor Bergamo de Moura<sup>1\*</sup>, Dionatan Augusto Guimarães Cieslak<sup>1</sup> e Gracielle Johann<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia  
Caixa Postal 157 – CEP 85660-000 Dois Vizinhos – Paraná - E-mail: [igorbergamomoura@gmail.com](mailto:igorbergamomoura@gmail.com)

### **RESUMO**

*O uso de tecnologias para a conservação de matérias-primas de origem biológica é essencial par a qualidade final do produto após a secagem. Entretanto, para a obtenção de dados experimentais, relacionados à cinética de secagem, são necessários equipamentos chamados de secadores de bancada. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivos projetar, modelar e simular virtualmente um secador convectivo microcontrolado. Para tal, foram utilizadas as variáveis controladas temperatura e fluxo de ar de secagem. O resultado final obtido indicou que a execução prática do equipamento de secagem proposto é possível em escala de bancada.*

**Palavras-chave:** microcontrolador, atividade de água, conservação de biomassa

### **INTRODUÇÃO**

Na natureza existe uma grande variedade de plantas com potencial medicinal, e muitas dessas substâncias podem ser extraídas de folhas. Contudo, a colheita de grandes quantidades de folhas, ou até mesmo o armazenamento destas, está sujeita à ação de micro-organismos naturalmente presentes em produtos biológicos, que podem diminuir o potencial farmacêutico da planta. Uma técnica eficiente para a manutenção do potencial farmacêutico de biomassa é a secagem.

Conforme (MORGENSTERN et al., 2013) a secagem é uma operação unitária, em que o produto *in natura* é submetido ao ar de secagem, no caso da secagem em convecção forçada, ou ar ambiente, no caso da secagem solar ou natural. Sendo assim, o objetivo principal de acordo com (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992) a secagem reduz a quantidade de água livre, ou atividade de água. Evitando, portanto, alterações bioquímica provocadas pelos microrganismos, preservando as propriedades de interesse científico das folhas.

Existem várias técnicas de secagem e diversos tipos de secadores, sendo que a seleção da técnica e do equipamento dependo da quantidade e o tipo de matéria-prima. Nesse sentido, a automatização se torna imprescindível, no sentido de que pode se ajustar à cada necessidade particular, uma vez que diferentes biomassas apresentam diferentes condições ótimas de temperatura e velocidade do ar de secagem.

Considerando a problemática exposta, o presente estudo tem por objetivo propor a modelagem e simular virtualmente um secador convectivo microcontrolado, em que se possa controlar a temperatura e o fluxo de ar de secagem. De modo que as variáveis possam ser ajustadas, conforme o *set-point*, dentro da capacidade projetada do equipamento, e com base nos requisitos de cada matéria-prima.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a execução do projeto elétrico do secador convectivo de folhas, partiu-se das necessidades básicas de controle, que são temperatura e velocidade do ar de secagem. Para tal,

selecionou-se sensores para a leitura dessas variáveis que são enviadas para o microcontrolador que, por sua vez, foi configurado com uma lógica que permite que as variáveis sempre fiquem em torno de um *set-point*.

Para o desenvolvimento do secador foi usado o programa do Proteus 8 Demonstration que é um software livre que permite a criação de um circuito elétrico, bem como a simulação a nível virtual, facilitando a execução prática. Adicionalmente, foi usado o MikroC PRO for PIC para a compilação do código do programa a ser usado no microprocessador 16F877A da MICROCHIP®, esse microcontrolador PIC é responsável por todo o controle do que acontece durante o processo de secagem.

O projeto foi executado com base em programação, ou seja, de acordo com a delimitação das variáveis controláveis, temperatura e fluxo de ar. A partir disto, o projeto foi dividido em dois circuitos: o circuito elétrico de baixa tensão, compreendido pelo microcontrolador, e o circuito elétrico de potência, compreendido pelo ventilador e a resistência.

O circuito de potência é composto pela passagem por zero e pelos circuitos de disparo do TRIAC. O primeiro circuito indica em que momento a corrente alternada passa por zero, sendo fundamental, pois permite que o microcontrolador acione, oportunamente, o TRIAC. Uma vez acionado o TRIAC, ele funcionará como uma chave ajustável, permitindo que a tensão sobre a carga seja mínima ou máxima, manipulando, assim, temperatura e o fluxo de ar. A temperatura está ligada diretamente à resistência e o fluxo de ar ao ventilador tipo axial, formando o circuito de potência (Figura 1).

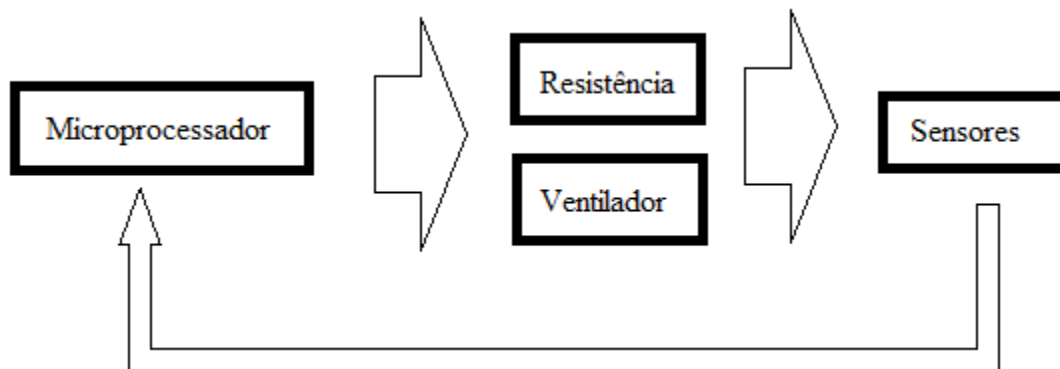


Figura 1 – Diagrama de blocos do funcionamento do secador

A princípio, a temperatura e o fluxo do ar são controlados pelo potenciômetro, assim o microcontrolador regula o tempo de disparo do TRIAC, através do ajuste manual, fazendo com que a temperatura e o fluxo sofram incremento ou decréscimo.

A fundamentação matemática consistiu em cálculos de número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho_G v D}{\mu_G} \quad (1)$$

Em que  $Re$  é o número de Reynolds,  $\rho_G$  é a massa específica do ar aquecido ( $\text{kg/m}^3$ ),  $v$  é a velocidade do ar aquecido ( $\text{m/s}$ ),  $D$  é o diâmetro da seção transversal à tubulação ( $\text{m}$ ), e  $\mu_G$  é a viscosidade do ar aquecido ( $\text{kg/m s}$ ).

A máxima potência da resistência elétrica, que é a energia necessária para aquecer o ar de secagem da temperatura ambiente até a temperatura de operação do secador será calculada por:

$$E_Q = v A \varepsilon \int_{T_{G_0}}^{T_{G_D}} \rho_G H_G dT_G \quad (2)$$

Em que  $E_Q$  é a energia total consumida para aquecer o ar de secagem por unidade de tempo (kJ/s),  $A$  é a área transversal ao fluxo de ar ( $m^2$ ),  $\varepsilon$  é a porosidade do leito,  $H_G$  é a entalpia do ar de aquecido (kJ/kg),  $T_{G_0}$  é a temperatura inicial do ar de secagem ( $^{\circ}C$ ),  $T_{G_D}$  é a temperatura de operação do secador ( $^{\circ}C$ ), e  $cp_G$  é o calor específico do ar aquecido (kJ/kg  $^{\circ}C$ ).

O ventilador centrífugo será selecionado em função da queda de pressão devida ao leito, considerada desprezível, e da máxima vazão, determinada pela relação:

$$Q = vA \quad (3)$$

Em que  $Q$  é a vazão de ar de secagem ( $m^3/s$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da modelagem e das necessidades práticas para aplicação em escala de bancada do secador conectivo, a simulação permitiu a visualização da operação virtual do mesmo. As variáveis controladas, temperatura e velocidade do ar de secagem, eram exibidas no visor LCD e, com o uso de um osciloscópio, os pulsos do circuito da passagem por zero, bem como os ajustes no potenciômetro, que provocam atraso no ângulo do disparo do sinal, puderam ser acompanhados.

## CONCLUSÕES

Foi executado um projeto elétrico de secador conectivo para microcontrolado. Pela simulação foi possível visualizar o comportamento do circuito elétrico em conjunto com o microcontrolador. Ainda, foram realizadas simulações do funcionamento total e parcial dos constituintes do equipamento proposto: o circuito elétrico de baixa tensão, compreendido pelo PIC; e o circuito elétrico de potência, compreendido pelo ventilador e resistência elétrica, ambos disparados pelo TRIAC. O conjunto projetado, modelado e simulado possibilita, portanto, a execução prática da construção do equipamento de secagem, com componentes reais em uma escala de bancada.

## REFERÊNCIAS

- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W., HALL, C. W. **Drying cereal grains**. 2nd ed., The AVI PublishingCo, EUA, 2004.
- MORGENSTERN, R. C.; ZENI, L. M. H.; RAVAGNANI, M. A. S. S.; PALU, F. **Análise da Cinética de Secagem de folhas de Citronela**. Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, Maceió – Al, n. 3, p. 2132-2041, 2013.