

SISTEMA PNEUMÁTICO PARA CARGA, DESCARGA E MOVIMENTAÇÃO DOS GRÃOS DURANTE A SECAGEM DE CAFÉ

Juarez de Sousa e SILVA¹ , juarez@ufv.br; Cristiane Pires SAMPAIO²; cpsampaio@ulbra-to.br; Roberta Martins NOGUEIRA³ ; robertamnogueira@gmail.com; Consuelo Domenici ROBERTO⁴; consuelodr@yahoo.com

¹Universidade Federal de Viçosa-Viçosa-MG; ²Centro Universitário Luterano de Palmas/CEULP/ULBRA, Palmas-TO.

Resumo:

A secagem e o armazenamento são os processos mais importantes para preservar a qualidade do café após a colheita. O uso de secadores mecânicos apresenta algumas vantagens em relação ao terreiro-secador. Os transportadores pneumáticos movimentam os grãos pelo uso de ar em alta velocidade, através de um sistema de tubulação hermético. Utilizando-se o sistema pneumático, o produto pode ser transportado em todas as direções, incluindo trajetos curvos. Outro aspecto do sistema interessante é o uso da instalação como fixa, que pode ser construída sem a necessidade de mudanças estruturais significativas. Os objetivos desse trabalho foram a caracterização e avaliação de um sistema de transporte pneumático usado em um protótipo de secador mecânico para café com reversão do fluxo de ar. O sistema pneumático foi utilizado para abastecer o secador, forçar a passagem do ar de secagem através da massa de café, movimentar o produto durante a secagem e descarregar o produto do secador. Na avaliação realizada, foram medidos os valores de pressão interna no tubo transportador (estática, dinâmica e pressão total), a velocidade e o fluxo de ar e a potência requerida pelo sistema. Os resultados indicaram que o sistema proposto pode ser usado para secadores mecânicos com maiores dimensões, o que poderia resultar em substancial redução no consumo de energia.

Palavras-chave: transporte pneumático, movimentação de grãos, secador para café.

PNEUMATIC SYSTEM FOR LOAD, UNLOAD AND STIRRING DURING COFFEE DRYING

Summary:

Drying and storage are the most important processes to preserve coffee quality after harvesting. The use of mechanical dryers presents several advantages in relation to drying terrace. The pneumatic transporters move the grains by the use of air in high-speed, through a hermetic piping system. With the pneumatic system, the product can be transported in any direction, including curved pathway. Another interesting aspect of pneumatic transport is the use in fixed installation, which can be built without the need of significant structural changes. The objectives of this work were the characterization and the evaluation of a pneumatic transport system to be used in a coffee dryer with reversion of the air flow. The pneumatic system was used to load the dryer, to force the drying air through coffee mass, to stir the product during drying and to unload the dryer. In the evaluation were measured the values of the internal pressures in the transportation tubes (static, dynamics and total pressure), the air speed, air flow rate and the system power requirement. The results indicated that the studied pneumatic system can be used in a dryer with larger dimensions, what would result in a substantial reduction in the energy consumption.

Keywords: pneumatic transporter, grain stirring, coffee dryer.

Introdução

A cultura do café no Brasil destaca-se por sua grande área de cultivo e por se tratar de um produto de exportação, apresentando, portanto, grande importância econômica. A retração do mercado para cafés de baixa qualidade levou os produtores brasileiros a se especializar na produção de café de alta qualidade, como vêm demonstrando os produtores da Zona da Mata de Minas Gerais, que estão mudando radicalmente a maneira de produzir café no Brasil. A utilização de secadores mecânicos apresenta diversas vantagens em relação ao terreiro. Entretanto, se não forem bem dimensionados e utilizados, podem danificar o produto. Portanto, a construção de secadores de menor custo inicial, corretamente dimensionados, energeticamente mais eficientes e que propiciem produto de qualidade comercialmente aceitável deve ser vista como um grande esforço tecnológico para reduzir custos de secagem e aumentar a competitividade do café do Brasil no mercado internacional. O secador de leito fixo, modelo muito utilizado para a pré-secagem ou secagem de café, necessita de revolvimento para a homogeneização do produto durante a secagem. Feita manualmente, a operação de revolvimento requer grande esforço físico, principalmente no início da secagem, quando o produto se encontra ainda com alto teor de umidade. Durante o revolvimento manual do produto dentro do secador existe uma perda de energia, que é liberada para o ambiente no momento do revolvimento, e ainda o aumento no tempo aparente de secagem, o que pode diminuir o ganho econômico do produtor.

Para os secadores com revolvimento mecânico dos grãos, o aumento da velocidade da massa na câmara de secagem, segundo DALPASQUALE et al. (1991), melhora, em geral, a qualidade final do produto. No entanto, haverá

aumento no consumo específico de energia e diminuição da eficiência do processo de secagem, uma vez que os grãos que passam pelo secador com maior velocidade perdem menos umidade por unidade de tempo.

Além dos aspectos anteriormente citados, os sistemas de movimentação dos grãos para carga, descarga e movimentação no secador podem dificultar a instalação do projeto, aumentando o trabalho e custo de manutenção e encarecendo desnecessariamente o secador.

Um sistema de transporte simples e de custo relativamente baixo é o transportador pneumático. Usado em unidades armazenadoras, esse tipo de sistema transportador teve origem nos equipamentos de pressão utilizados para carga e descarga de navios graneleiros. Os transportadores pneumáticos movem os grãos, empregando-se uma corrente de ar em alta velocidade, através de um sistema de tubulação hermético e podem transportar o produto em qualquer direção, incluindo trajetos curvos. Outro aspecto interessante é seu uso como instalação fixa, a qual pode ser construída sem a necessidade de significativas mudanças estruturais.

Tendo em vista a vantagem do secador de camada fixa e a simplicidade do sistema de transporte pneumático, neste trabalho é proposto a caracterização e a avaliação de um sistema pneumático de transporte de grãos dentro de um secador para café com reversão do fluxo de ar, utilizando-se um único ventilador para realizar o abastecimento do secador, a condução do ar de secagem, a movimentação e a descarga do produto.

Material e Métodos

Para a avaliação do protótipo, foram medidos os valores de pressão interna no tubo transportador, a velocidade, o fluxo de ar e a potência requerida no sistema. As pressões estática e total foram medidas com um manômetro em forma de "U" e utilizando-se um tubo de Pitot instalado diretamente no duto de condução do ar de seção quadrada e área de 0,01 m², logo na saída do ventilador.

A pressão dinâmica foi obtida pela Equação 1.

$$P_T = P_e + P_d \quad (1)$$

em que

- P_T = pressão total (mm.c. a);
- P_e = pressão estática (mm.c. a); e
- P_d = pressão dinâmica (mm.c. a).

O sistema de ventilação do protótipo foi constituído de um ventilador centrífugo de alta pressão, acionado por um motor elétrico de 2 cv a 3.410 rpm. Além de transportar o grão, o sistema tem a finalidade de succionar o ar aquecido pela fornalha e promover a sua injeção na câmara de secagem (Figura 1).

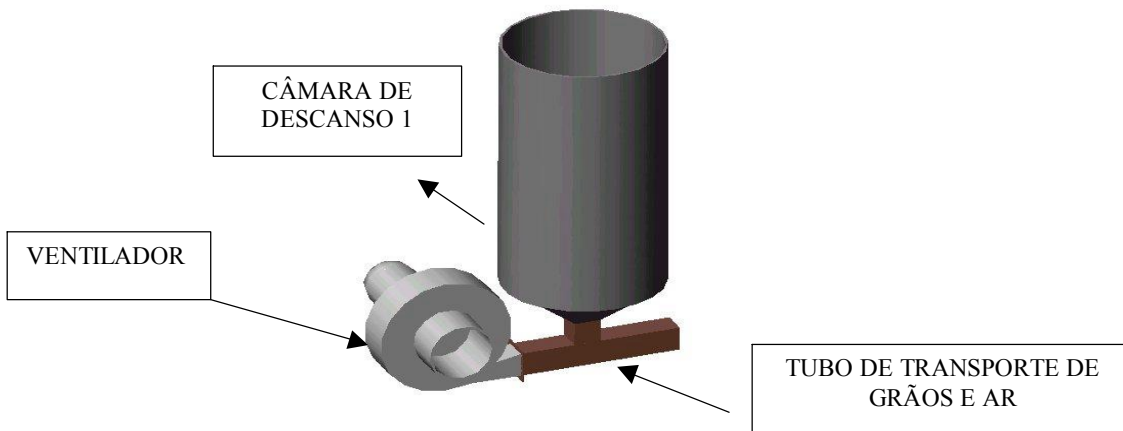


Figura 1 - Detalhe do ventilador acoplado à tubulação de transporte.

A caracterização do sistema de transporte pneumático foi feita através da determinação dos seguintes parâmetros: Por meio dos dados obtidos de pressão, calculou-se a velocidade do ar através da Equação 2.

$$v = 4,04 \times \sqrt{P_d} \quad (2)$$

em que

- v = velocidade do ar, m.s⁻¹; e
- P_d = pressão dinâmica (mm.c.a).

A vazão foi calculada por meio da Equação 3.

$$Q = A \times v \quad (3)$$

em que

Q = vazão de ar, $m^3.s^{-1}$;
 A = área do tubo, m^2 ; e
 V = velocidade do ar, $m.s^{-1}$.

Já a potência do sistema foi calculada através da equação 4

$$Pot = \frac{Q \times P_t}{455 \times \eta_{inj} \times \eta_{vent}} \quad (4)$$

em que

Pot = potência, cv;
 Q = vazão de ar, $m^3.min^{-1}$;
 P_t = pressão total, mm.c.a.;
 η_{inj} = eficiência do injetor; e
 η_{vent} = eficiência do ventilador.

O fluxo de ar foi obtido através dos dados da vazão de ar (equação 3) e da área (seção transversal) do duto transportador.

A quantidade de grão transportado pelo sistema foi determinada em função do tempo gasto para transportar a massa total de café dentro do secador.

A determinação do consumo de energia do sistema foi realizada fazendo-se 3 testes para cada tipo de café natural e descascado e observando-se o gasto de combustível da fornalha utilizada relacionado à perda de umidade dos grãos.

Resultados e Discussões

A partir dos testes realizados foram obtidos os dados descritos no Quadro 1. Observa-se que os dados de pressão obtidos somente com ar foram superiores àqueles obtidos após a mistura do ar com os grãos, o que se deve ao fato de que, para o ar e os grãos misturados, várias fontes de perda de carga podem ser identificadas, como a fricção entre os grãos e com a parede do duto.

Os valores de velocidade do ar encontrados de 25,3 (ar) e 23,0 m/s (ar+grãos), mostram que a velocidade do ar no sistema se enquadrou na faixa de 21 a 25 m/s, recomendada por DENCKER (1966) e Kleis, citado por HUBNER (1986). A velocidade do ar+grãos dentro do secador foi calculada indiretamente, conhecendo-se a distância percorrida e o tempo gasto para a movimentação do grão dentro do protótipo estudado.

A vazão do ar, obtida pela Equação 3, de 15,2 $m^3.min^{-1}$, nos indica que esse sistema é capaz de atender perfeitamente um secador de maiores proporções, reduzindo assim o consumo de energia específica.

O fluxo de ar obtido nos mostra que esse sistema é muito eficaz no transporte dos grãos no interior da tubulação, reduzindo a possibilidade de embuxamento dos grãos dentro do secador.

A potência requerida pelo sistema foi calculada através da Equação 4 e pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 - Características do sistema pneumático

Descrição	Ar	Ar + grão
Pressão total, mm.c.a	71,2	72,4
Pressão estática, mm.c.a	32,0	40,0
Velocidade do ar, $m.s^{-1}$	25,3	23,0
Vazão de ar, $m^3.min^{-1}$	15,2	13,8
Fluxo de ar, $m^3.min^{-1}.m^2$	1.518	1.380
Velocidade dos grãos, $m.h^{-1}$	-	21,6
Quantidade de grão transportado, $kg.h^{-1}$	-	318,92
Potência do sistema, cv	0,51	-

No Quadro2, pode ser constatado que o consumo específico de energia para os testes 1, 2 e 3, realizados com café natural, foram de 32,46, 25,32 e 30,34 MJ/kg, respectivamente. Nos testes 4, 5 e 6 (café cereja descascado) obteve-se um consumo específico de 12,16, 23,23 e 15,93 MJ/kg, respectivamente.

Quadro 2 - Tempo de secagem, massa inicial e consumo de energia

	Tempo secagem (h)	Massa inicial (kg)	Consumo de energia		Consumo específico de energia (KJ.kg ⁻¹)	
			Carvão	Elétrica	Carvão	Elétrica
Café natural						
Teste 1	11,5	136	701.724	61.546	32.460	2.847
Teste 2	10,3	156	585.901	48.951	25.316	2.115
Teste 3	9,6	156	663.657	54.508	33.345	2.739
Café Descascado						
Teste 4	14,0	232	797.590	72.924	12.164	1.112
Teste 5	12,5	148	799.894	68.002	23.235	1.975
Teste 6	12,2	182	671.110	55.354	15.930	1.314

Observa-se, na Figura 2, que o menor consumo específico de energia de combustível ocorreu no teste 4, em razão de neste teste o teor de umidade inicial do produto ter sido maior (36,8% b.u.), proporcionando maior taxa de secagem no início do processo. Considera-se ainda que, para este teste, o tempo de secagem foi maior.

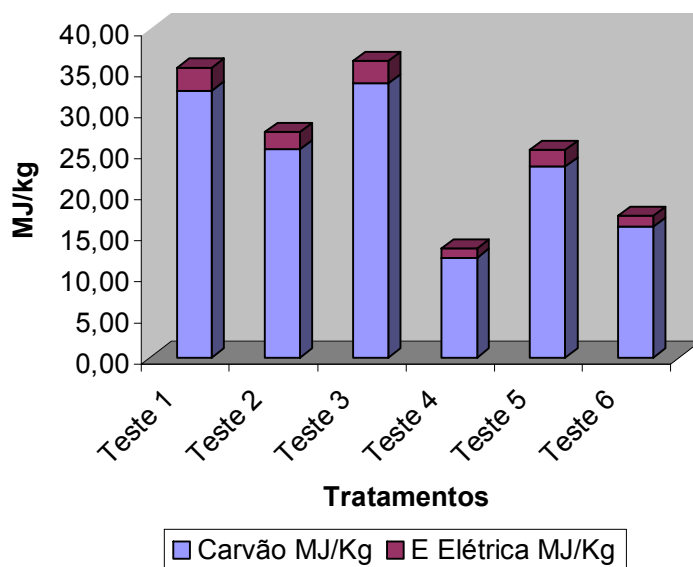


Figura 2 - Consumo específico de energia elétrica e de combustível (carvão).

O consumo específico de energia real média observado no secador estudado foi de 32.941 KJ.kg⁻¹ de água evaporada para café natural e 18.577 KJ.kg⁻¹ para café cereja descascado.

Como pode ser observado, o protótipo apresentou elevado consumo de energia. O fato se explica pela movimentação do produto ter sido realizada com o próprio ar de secagem; entretanto, ao ser simulado esta movimentação com ar natural, verificou-se uma economia de energia de 24% para café natural e 32% para café descascado, em relação ao consumo antes calculado. A diferença no consumo de energia pode ser observada com maiores detalhes na Figura 3.

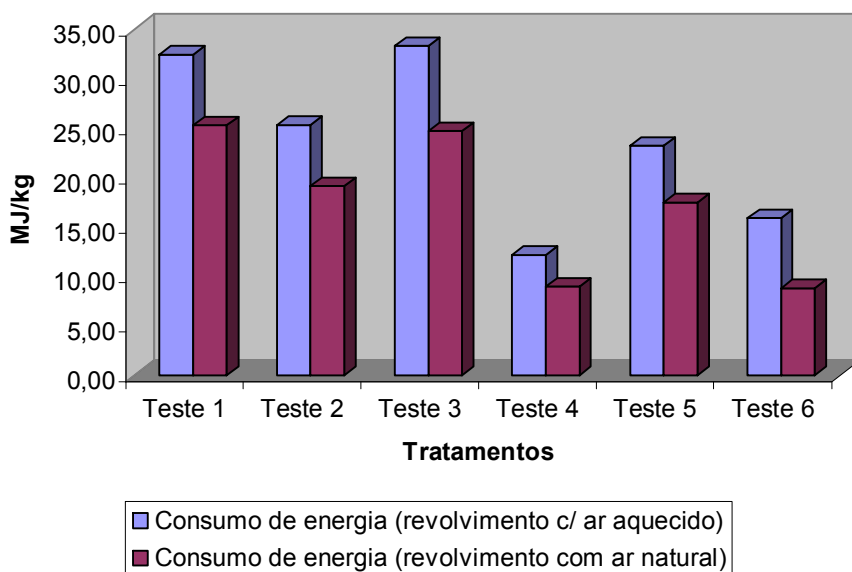


Figura 3 - Comparação do consumo específico de energia elétrica e de combustível (carvão), fazendo-se a movimentação do produto com ar aquecido e natural.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- Utilizando-se o sistema pneumático, foi possível a otimização do processo utilizando um único ventilador para o abastecimento, a secagem, a movimentação e a descarga do produto.
- O conjunto ventilador-motor (2 cv) pode ser utilizado em um secador de dimensões maiores, sendo observados os valores de pressão total e estática de 71,2 e 32,0 mm.c.a e o valor de 0,5 cv requerido pelo sistema avaliado.
- Quanto às características relacionadas aos danos mecânicos dos grãos que podem ser causados pelo impacto com as paredes da tubulação e entre os grãos, e promovido pelo sistema, foi observado que não houve danificações no produto.
- O alto consumo específico de energia e a baixa eficiência energética podem ter sido influenciados pelo alto fluxo de ar aquecido utilizado nos testes, visto que o ar na saída do sistema de descarregamento possuía ainda alto potencial de secagem.

Sendo assim, para uma redução do consumo de energia, SAMPAIO(2004) sugere algumas modificações na estrutura do secador como sendo a adaptação na câmara de descanso 2, de um sistema de calhas de exaustão para fazer com que este compartimento funcione como câmara de secagem durante os períodos de movimentação do grão e no final da secagem .

Referências bibliográficas

DALPASQUALE, V.A.; PEREIRA D.A.M.; SINICIO, R.; OLIVEIRA FILHO, D. **Secado de granos a altas temperaturas**. Oficina Regional de la Fao para America Latina y el Caribe, Santiago-Chile. 1991. p.77.

DENCKER, C. H. **Manual de Técnica Agrícola**, Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1966.1252p.

HUBNER, N. **Simulação de características de transporte pneumático para soja e milho**. Universidade Federal de Viçosa, 24p. 1986. (Seminário).

SAMPAIO, C. P. **Desenvolvimento de um secador com reversão do fluxo de ar e com sistema de movimentação pneumática de grãos**. Viçosa-MG: UFV, 2004. 97 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.