

AVALIAÇÃO DE UM SECADOR COM REVERSÃO DO FLUXO DE AR E COM SISTEMA PNEUMÁTICO DE MOVIMENTAÇÃO DOS GRÃOS

Cristiane Pires SAMPAIO¹; cpsampaio@ulbra-to.br; Juarez de Sousa e SILVA², juarez@ufv.br; Consuelo Domenici ROBERTO³; consuelodr@yahoo.com; Roberta Martins NOGUEIRA⁴; robertamnogueira@gmail.com

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

Resumo:

Um secador mecânico com sistema pneumático, que integra o transporte, a secagem e a movimentação do grão do café, empregando um fluxo de ar com alta velocidade através de um sistema de tubulação hermético. Foi avaliado café natural e café cereja descascado da espécie *Coffea Arabica* e da variedade Catuai Vermelho, produzido na Zona da Mata-MG. Na avaliação, foram conduzidos três testes para cada tipo de café. Em média, a massa de café natural com umidade inicial de 24,6±1,8% b.u. alcançou a umidade ideal de armazenamento 11,9±1,3% (b.u.) em 11,5 horas para o teste 1, 10,3 horas para o teste 2 e 9,6 horas para o teste 3. Para o café descascado com teor inicial de umidade médio de 33,9±2,1% b.u., a secagem foi realizada em 14 horas para o teste 4, 12,5 horas para o teste 5 e 12,3 horas para o teste 6 com um teor médio de umidade final de 12,0±1,5% b.u. Os grãos de café foram classificados como tipo 6 com qualidade de bebida “Duro” e tipo 4 com bebida “estritamente mole” para café natural e café descascado despolpado, respectivamente.

Palavras-chave: Secador, Sistema pneumático, Café.

Abstract:

A coffee dryer with a pneumatic system for product loading and unloading, drying air supplying and product stirring, using a high-speed air flow through a hermetic pipe system was evaluated for Natural and pulped coffee “Red Catuai” produced in Zona da Mata -MG. In the evaluation, three tests were carried out for each coffee type. In the average, natural coffee with initial moisture content of 24,6±1,8% b.u., reached the ideal storage moisture content (11,9±1,3% b.u.) in 11.5 hours for the test #1, 10.3 hours for the test #2 and 9.6 hours for the test #3. For pulped coffee with initial moisture content of 33.9% w.b., the drying were accomplished in 14.0 h for the test #4, 12.5 h for the test #5 and 12.2 hours for the test #6 with an average final moisture content of 12,0±1,5% w.b. The final green coffee beans were classified as type 6 with cup quality (hard), and type 4 with cup quality (strictly soft) for natural and pulped coffees respectively.

Keywords: Dryer, Pneumatic system, Coffee.

Introdução:

De acordo com SILVA et al. (2001), a secagem do café é, comparativamente, mais difícil de ser executada que a de outros produtos, em virtude de seu elevado teor de água inicial, geralmente próximo de 60% b.u. Um dos problemas encontrados no processo de secagem de café se deve ao fato da operação ser realizada em secadores projetados para outros grãos e adaptados para café, resultando em alto custo operacional e em baixa eficiência energética (PINTO FILHO, 1994).

A construção de secadores corretamente dimensionados e energeticamente mais eficientes, que propicie ao produto boa qualidade, deve ser vista como um grande esforço tecnológico para reduzir custos de secagem e aumentar a competitividade do café do Brasil no mercado internacional.

Um sistema de transporte simples e de custo relativamente baixo é o transportador pneumático, que move os grãos, empregando-se uma corrente de ar em alta velocidade, através de um sistema de tubulação hermético e pode transportar o produto em qualquer direção, incluindo trajetos curvos e retilíneos.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar, segundo a proposta de BAKKER- ARKEMA. et al. (1978), o desempenho de um sistema de secagem para café, utilizando-se o sistema pneumático para a movimentação do produto e do ar de secagem.

Material e Métodos

O sistema de secagem avaliado, conforme ilustrado na Figura 1, é constituído das seguintes partes:

- *Câmara de descanso 1*: compartimento cilíndrico montado sobre um fundo cônico que abastece o secador durante o processo de secagem com altura de 1,09 m e diâmetro de 0,6 m. O cone, de paredes com inclinação de 35°, tem altura de 0,13 m e diâmetro de 0,6 m, cujo volume é de 0,32 m³.

- *Sistema de movimentação*: Tubulação metálica por onde o café é movimentado até a câmara de descanso 2, impulsionado pelo próprio ar de secagem. O controle da secagem, da movimentação e da descarga do secador foi por atuação mecânica e controle manual dos registros localizados ao longo da tubulação. O sistema para movimentação, construído com seção quadrada, possui comprimento igual a 6,7 m, área da seção transversal igual a 0,01 m² e volume igual a 0,067 m³.

- *Câmara de descanso 2*: além de receber o café recém-saído da secagem parcial, distribui o grão na câmara de secagem. Nela, foi colocado um amortecedor de borracha para amortização do impacto dos grãos e existe uma passagem para câmara de descanso 1. Possui volume igual a 0,30 m³.

- *Câmara de secagem*: estruturas especiais compostas por duas pirâmides unidas pelas bases formando quatro losangos de chapas perfuradas, permitindo a secagem em fluxo reverso. Com 1,10 m² de base e 0,48 m de altura, as pirâmides podem comportar 0,12 m³ de grãos.

- *Descarga*: a descarga do secador é feita pelo bloqueio do fluxo de grãos para a câmara de descanso 2. Acionado manualmente, o sistema pode exercer as funções de recirculação do café, durante a secagem, ou de descarga ao término desta.

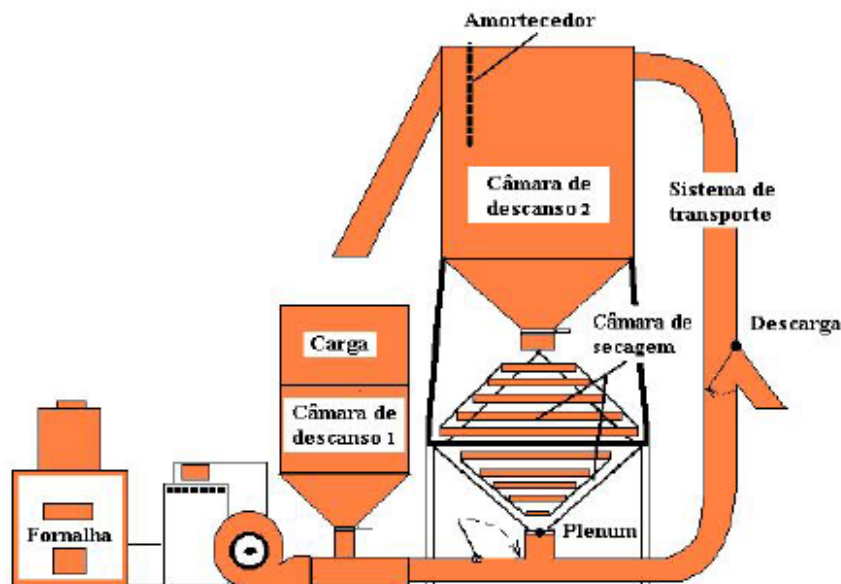


Figura 1 - Secador de café com sistema de transporte pneumático.

Foram utilizados frutos de café natural e café cereja descascado da espécie *Coffea Arabica*, da variedade Catuai Vermelho, produzido na Zona da Mata de Minas Gerais. No processamento do café natural (coco), os frutos foram colhidos de forma manual sobre o pano e lavados em lavador mecânico. No processamento do café cereja descascado, depois da colheita feita por derriça no pano, lavagem em lavador mecânico, o café cereja foi encaminhado para um descascador, para retirada da casca e parte da mucilagem. Devido ao elevado teor de umidade dos frutos de café na colheita, a pré-secagem do café natural e do cereja descascado foi feita em terreiro-secador.

Para a realização dos testes de secagem, o teor inicial médio de umidade dos grãos foi de $24,3 \pm 1,6\%$ b.u. para o café natural e $33,9 \pm 2,4\%$ b.u. para o café cereja descascado. A secagem foi feita com a carga completa da câmara de secagem e a quantidade total de café foi identificada em dois lotes (lote 1 e lote 2), os quais foram trabalhados de forma que um permanecia na câmara de secagem e o outro na câmara de descanso 2. Alternando a secagem e o repouso, o produto permanecia no sistema até atingir teor de umidade próximo de 12% b.u., caracterizando o processo como intermitente. Ao se aproximar do teor de umidade adequado para o armazenamento, os dois lotes eram misturados em fluxo contínuo e permaneciam no secador até atingirem o teor de umidade de 12% (b.u.), desejado para o armazenamento.

A temperatura do ar de secagem foi em torno de $60 \pm 2,8$ °C. O experimento foi realizado fazendo-se a movimentação do produto dentro do secador a cada uma hora durante a secagem. As determinações do teor de umidade do produto foram realizadas antes e depois da movimentação do café, utilizando-se o Método Estufa.

A avaliação do desempenho do secador estudado foi feita segundo metodologia proposta por BAKKER-ARKEMA et al. (1978), utilizando-se apenas alguns dos parâmetros mais importantes, segundo OSÓRIO (1982):

- temperatura da massa de grãos;
- umidade relativa e temperatura do ar ambiente e de exaustão do secador;
- teores de umidade inicial e final do café;
- tempo de secagem.

Resultados e Discussões

No Quadro 1 são apresentados os valores da massa de café nas suas fases inicial e final, para cada teste realizado, bem como os valores de peso hectolítrico (pH).

Quadro 1 - Massa inicial e final, peso hectolítrico, teor de umidade médio dos grãos e tempo de secagem

Tratamento	Massa do lote (Kg)		Peso hectolítrico (Kg.m ⁻³)		Umidade (% b.u.)		Tempo de secagem (h)
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Café Natural							
Teste 1	136	116	595,6	452,2	25,8	11,8	11,5
Teste 2	156	132	594,3	451,3	25,0	11,9	10,3
Teste 3	156	136	596,0	452,8	23,1	11,9	9,6
Café Descascado							
Teste 4	232	166	476,0	440,4	36,8	11,9	14,0
Teste 5	148	116	452,3	438,5	32,5	12,0	12,5
Teste 6	182	142	451,9	437,1	32,3	12,0	12,3

As massas dos frutos de café variaram de acordo com a redução do teor de água e o tempo de secagem variou entre os testes com café natural e descascado. A secagem do café natural (testes 1, 2 e 3) teve a duração de 11,5 horas para o teste 1, 10,3 horas para o teste 2 e 9,6 horas para o teste 3. As massas de café com teores de umidade inicial de 25,8, 25,0 e 23,1% b.u. alcançaram teores de umidade final de 11,8, 11,9 e 11,9% b.u., respectivamente. O teste 3 com café natural apresentou menor tempo de secagem (9,6 horas), o que pode estar relacionado com as propriedades psicrométricas do ar ambiente no momento da secagem e com o menor teor de umidade inicial (23,1% b.u.).

Para o café descascado (testes 4, 5 e 6), a secagem teve a duração de 14,0 horas para o teste 4, 12,5 horas para o teste 5 e 12,3 horas para o teste 6. Os teores de umidade iniciais foram de 36,8, 32,5 e 32,4% b.u., e os finais, de 11,9, 12,0 e 12,0% b.u., respectivamente. No teste 4, o maior tempo de secagem se deve à maior massa inicial do lote de café (232 kg) e ao maior teor de umidade inicial do produto, se comparados aos dos outros testes realizados.

A secagem do café cereja descascado mostrou-se vantajosa, pois em todos os testes realizados a massa inicial de produto correspondia quase ao dobro da massa inicial de café natural e apesar dos teores de umidades mais elevados observou-se um pequeno acréscimo no tempo de secagem em relação ao café natural.

As curvas apresentadas nas Figuras 3 e 4 descrevem o período de secagem do café (linhas azuis) e o período de descanso (linhas verdes). Observa-se também que a porção final da curva (linha vermelha) indica que a secagem está sendo realizada com movimento contínuo dos grãos.

Na Figura 2 pode ser observada uma maior redução do teor de umidade da massa de grãos na primeira hora de secagem. No decorrer da secagem, essa perda foi menos acentuada, uma vez que em condições de teor de umidade menor há maior resistência à retirada da água do grão.

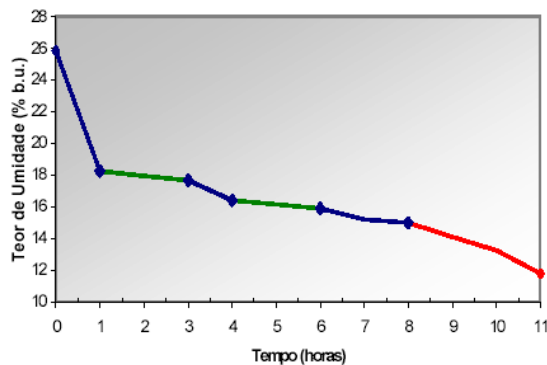


Figura 2 - Curva de secagem para o café natural.

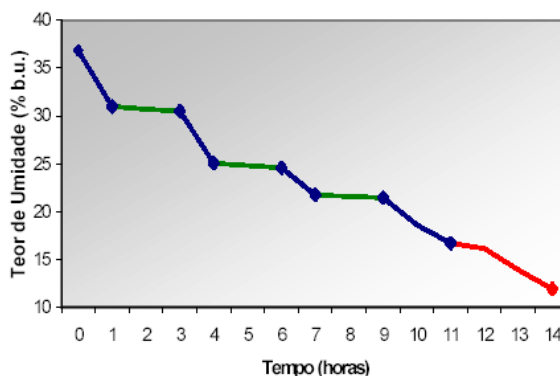


Figura 3 - Curva de secagem para o café descascado.

No Quadro 2, pode-se observar o consumo específico de energia para os testes 1, 2 e 3, realizados com café natural e para os testes 4, 5 e 6, realizados com café descascado.

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

Testes	Tempo de secagem (h)	Massa inicial (Kg)	Consumo de energia (KJ)		Consumo Específico de energia (KJ.Kg ⁻¹)		Consumo Total de Energia (KJ.Kg ⁻¹)
Café Natural							
			Carvão	Elétrica	Carvão	Elétrica	
Teste 1	11,5	136	701.724	61.546	32.460	2.847	35.307
Teste 2	10,3	156	585.901	48.951	25.316	2.115	27.431
Teste 3	9,6	156	663.657	54.508	33.345	2.739	36.084
Café Descascado							
Teste 4	14,0	232	797.590	72.924	12.164	1.112	13.276
Teste 5	12,5	148	799.894	68.002	13.235	1.975	15.210
Teste 6	12,2	182	671.110	55.354	15.930	1.314	17.244

Observa-se que o menor consumo específico de energia de combustível ocorreu no teste 4 (café descascado), em razão do maior teor de umidade inicial do produto (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 (14 horas).

Como pode ser observado, o protótipo apresentou elevado consumo de energia, devido a movimentação do produto ter sido realizada com o próprio ar de secagem. Entretanto, verificou-se uma economia de energia, quando simulado a movimentação dos grãos com ar natural, de 24% para café natural e 32% para café descascado, em relação ao consumo (Quadro 2). A diferença no consumo de energia pode ser observada com maiores detalhes na Figura 4.

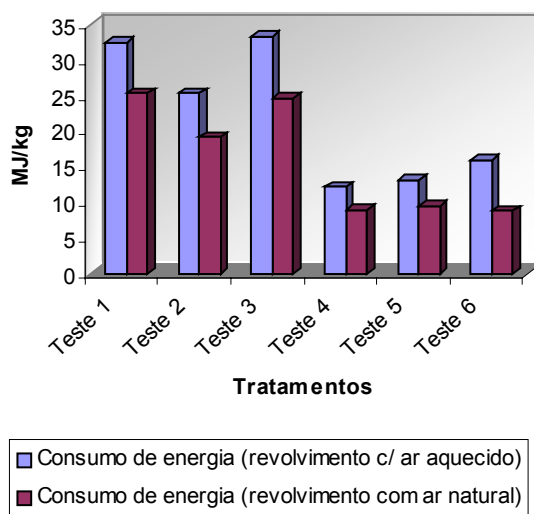


Figura 4 - Comparação do consumo específico de energia elétrica e de combustível (carvão), fazendo-se a movimentação do produto com ar aquecido e natural.

As amostras de café natural e de café cereja descascado foram analisadas e classificadas na COOXUPÉ - Cooperativa Regional dos Cafeicultores em Guaxupé Ltda. quanto à qualidade da bebida e às características dos grãos de café (Quadro 3).

Quadro 3 - Resultados da classificação de bebida dos lotes de café

Lote	Bebida	Tipo	Aroma	Aspecto
Natural				
Teste 1	Duro Verde	6	Regular	Bom
Teste 2	Duro Verde	6	Regular	Bom
Teste 3	Duro Verde	6/7	Regular	Bom
Descascado				
Teste 4	Estritamente Mole	4	Regular	Bom

Teste 5	Estritamente Mole	4	Regular	Bom
Teste 6	Estritamente Mole	3/4	Regular	Bom

Conclusões

Com base nos resultados obtidos na avaliação do protótipo do secador e na classificação do produto final, pode-se concluir que:

- A temperatura da massa de café ficou abaixo daquela do ar de secagem (ventilador ligado), apresentando um valor médio de $36,25 \pm 1,6^\circ\text{C}$.
- O tempo de secagem variou significativamente entre os tratamentos com café natural e descascado.
- Os testes que se iniciaram com teores de umidade mais elevados apresentaram maior eficiência no processo de secagem.
- O período de descanso do café durante o processo de secagem é de suma importância, sendo observada diminuição do teor de umidade do grão, neste período, em média, 0,5 g de água.
- O protótipo apresentou alto consumo específico de energia real média de $32.941 \text{ kJ.kg}^{-1}$ de água evaporada para café natural e $15.243 \text{ kJ.kg}^{-1}$ para café cereja descascado.
- 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 possuía ainda alto potencial de secagem.
- Quando processado com o novo sistema de secagem, o café foi considerado de boa qualidade. O café natural foi classificado como tipo 6, e o café cereja descascado, como tipo 4.

Referências Bibliográficas:

BAKKER – ARKEMA, F. W.; LEREW, L. E.; BROOK, R. C.; BROOKER, D. B. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers**. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1978. 13p. (Paper 78:3523).

OSÓRIO, A. G. S. **Projeto e construção de um secador intermitente de fluxos concorrentes e sua avaliação na secagem de café**. Viçosa: UFV, 1982. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1982.

PINTO FILHO, G.L. **Desenvolvimento de um secador de fluxos cruzados com reversão do fluxo de ar de resfriamento, para a secagem de café (*Coffea arabica* L.)** Viçosa: UFV, 1993. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.

SILVA, J.S.; SAMPAIO, C.P.; MACHADO, M.C.; LO MONACO, P.A **Preparo, Secagem e Armazenagem**. In: SILVA, J. S. (Ed.) **Secagem e armazenagem de café-tecnologias e custos**. Editor; Juarez de Sousa e Silva. Viçosa: UFV, 2001. 162p.