

SECAGEM DE CAFÉ EM SECADOR DE FLUXOS CONCORRENTES

LACERDA FILHO, A.F.¹ E SILVA, J.S.²

¹ Prof. Adjunto do Dep. de Eng. Agrícola - UFV. Fones: (031)3899-1872 e 3899-2729, DS. <alacerda@mail.ufv.br>;

² CBP&D Café/Prof. Titular Associado - UFV. Fones: (031)3899-2889 e 3899-2729, Ph.D., <desousae@mail.ufv.br>

RESUMO: Pesquisas demonstram que, dentro de certos limites e dependendo do sistema de secagem, quanto maior o tempo necessário para se atingir a umidade ideal para a armazenagem segura do café, maior é a possibilidade de deterioração da qualidade final do produto. Assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um secador em lotes, com secagem intermitente, em fluxos concorrentes, para a secagem de café. O aquecimento do ar de secagem foi feito por uma fornalha a fogo direto, até temperatura igual a 85 ± 5 °C. O experimento, em delineamento inteiramente casualizado, foi realizado nas dependências da Área de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Vegetais – DEA/UFV. Secou-se café da variedade Catuaí Vermelho, proveniente de uma fazenda da região de Viçosa. Após a colheita, por derriça no pano, os grãos foram lavados e separados em um lavador do tipo "sertãozinho". O café cereja foi colocado em terreiro de cimento para ser submetido à pré-secagem, até atingir umidade próxima a 25% b.u. A secagem foi complementada no secador de fluxos concorrentes até que os grãos atingissem a umidade de comercialização (12 % b.u). Uma parcela do produto foi totalmente secada em terreiro, servindo como testemunha. A avaliação do sistema de secagem foi feita conforme a metodologia proposta por BAKKER-ARKEMA et al. (1978). Avaliaram-se o consumo específico de energia, as condições operacionais e a qualidade final do produto. Os resultados experimentais permitiram concluir que: a) a utilização de temperatura elevada durante o processo de secagem não depreciou a qualidade do café; b) o tempo de operação para a secagem complementar variou entre 6 e 10 horas; c) o sistema pode ser indicado para a secagem de café com meia seca; e d) o secador estudado apresentou baixo consumo específico de energia, quando comparado aos secadores mecânicos existentes no mercado brasileiro.

Palavras-chave: secagem, café, fluxos concorrentes, energia.

COFFEE DRYING IN CONCURRENT FLOWS DRYER

ABSTRACT: Researches demonstrate that, for certain limits and depending on the drying system, as larger is the time to reach the ideal moisture content for coffee safe storage, the larger is the final coffee quality deterioration possibility. Thus, the objective of the present work was the development and evaluation of a batch dryer with concurrent flows, for coffee drying. The drying air was heated to 85 ± 5 °C by a direct fire furnace. The experiment was accomplished in the dependences of the Vegetable Products Storage Area - DEA/UFV. Coffee of the Red Catuaí variety, harvested by strip-picking on the cloth, coming from a farm close to UFV, was dried. Before drying, the coffee cherries were washed and separated in a "sertãozinho" washer type. The wet coffee was submitted to a pre-drying in a cement terrace to 25% wb moisture content. The complementary drying (12% wb) was done in a concurrent flows batch dryer. Part of the coffee, used as a comparison, was totally dried in a cement terrace. The evaluation of the drying system was made according the methodology proposed by BAKKER-ARKEMA et al. (1.978), It was evaluated the specific energy consumption, the operational conditions and the final coffee quality. The experimental results allowed to conclude: a) the use of high temperature during the drying process didn't depreciate the coffee quality. b) the required time for the complementary drying varied between 6 and 10 hours; c) the system can be indicated to complement the drying of the natural coffee; and d) the studied dryer presented low specific energy consumption when compared to the existent mechanical dryers in the Brazilian market.

Key words: drying, coffee, concurrent flows drier, energy.

INTRODUÇÃO

A secagem de café é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos. Além do elevado teor de açúcar presente na mucilagem, a umidade inicial aproximadamente igual a 60% b.u, faz com que a taxa de deterioração seja alta, logo após a colheita. Qualquer que seja o método de secagem utilizado, para o bom armazenamento do café, devem-se ressaltar os seguintes aspectos: a) evitar fermentações indesejáveis antes e durante a secagem; b) evitar temperatura excessivamente elevada na massa de grãos. O café tolera 40 °C durante um ou dois dias, 50 °C durante poucas horas e 60 °C se o intervalo de tempo for inferior a uma hora, sem se danificar; c) secar o produto, evitando os efeitos danosos causados pela temperatura, no menor tempo possível, até que os grãos atinjam umidade igual a 18% b.u., pois abaixo deste valor o café é menos suscetível à deterioração rápida; e d) procurar obter lotes de grãos que apresentem coloração, tamanho e massa específica uniformes.

No Brasil, segundo os aspectos tecnológicos envolvidos, utilizam-se basicamente dois métodos para secagem de café: a) secagem em terreiros - esparrama-se o produto sobre pisos construídos de cimento, de tijolo, de chão batido ou de asfalto, revolvendo-o continuamente, com o auxílio de um rodo ou outro equipamento similar, com o objetivo de movimentar os grãos através do ar; e b) secagem em secadores mecânicos - o ar aquecido passa através da massa de grãos por meio de um sistema de ventilação forçada, podendo ou não os grãos se movimentarem dentro do secador.

O processo mais comum e econômico para preservar a qualidade dos grãos durante o período de armazenagem é a secagem. É o processo que apresenta menor custo e operação mais simples, quando comparado aos métodos usuais de conservação de alimentos. Hoje, a secagem de café, na maioria das vezes, ainda é realizada artificialmente em terreiros, com duração que varia entre 15 e 20 dias. Esta técnica permite que o produto fique exposto às condições atmosféricas adversas, possibilitando a contaminação e o desenvolvimento de microrganismos causadores da depreciação de sua qualidade. A utilização de secadores mecânicos ou a combinação entre os terreiros e os secadores mecânicos pode, dependendo do uso correto, contribuir para a obtenção de cafés de qualidade para exportação.

Krug, citado por BITANCOURT (s. d.), avaliou a qualidade de café, comparando os resultados das análises das bebidas observadas em produto contaminado por microrganismos com aquelas observadas em produto sadio, verificando que todo o produto fermentado ou com podridão apresentou bebida inferior. Concluiu ser necessário estabelecer um processo de secagem mais rápido e eficiente, proporcionando melhor qualidade organoléptica ao produto. Afirmou que isso é possível com o uso de melhores técnicas de secagem, proporcionando mais rapidez ao processo e reduzindo o tempo de exposição às intempéries.

HAWAK et al. (1978) informaram que os secadores de fluxos concorrentes foram patenteados no ano de 1955 por Ohlm e que alguns modelos passaram a ser fabricados, nos Estados Unidos, a partir de 1970.

Segundo SILVA et al. (2000), nos secadores de fluxos concorrentes, o ar e o produto fluem no mesmo sentido dentro do secador. Alta taxa de evaporação ocorre na parte superior da camada de grãos, uma vez que o ar, com temperatura mais elevada, encontra-se em contato com o produto mais úmido. As trocas intensas e simultâneas de energia e massa, na entrada da câmara de secagem, causam rápida redução na temperatura inicial do ar de secagem e na umidade do produto. Por isso, a temperatura permanece, consideravelmente, abaixo da temperatura inicial do ar de secagem.

MUHLBAUER et al. (1978) afirmaram que a secagem de milho em secadores de fluxos concorrentes, com temperatura do ar de secagem de 220 °C e resfriamento em fluxos contracorrentes, não afetou o valor nutritivo do produto.

BROOK e BAKKER-ARKEMA (1980), mesmo utilizando temperatura elevada (260 °C) durante a secagem de grãos em secadores de fluxos concorrentes, não observaram a ocorrência de trincas, em razão da ocorrência de elevada taxa de evaporação na superfície dos grãos, associada ao rápido resfriamento do ar de secagem. Afirmaram que soja secada em secador de fluxos concorrentes, com ar à temperatura de 323 °C, apresentou boa qualidade em relação à extração de óleo; entretanto, houve decréscimo na percentagem de germinação e aumento no índice de trincas.

KEENER e GLENN (1978) informaram que, dentre os fatores que afetam o consumo específico de energia durante a secagem, incluem-se a umidade inicial e final do produto, a temperatura e as propriedades físicas dos grãos. Devem-se, também, considerar a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente, a temperatura e a vazão específica do ar de secagem, a fonte de aquecimento e a resistência que os grãos oferecem à passagem do ar.

Para estabelecer uma relação entre a temperatura do ar de secagem, quando na remoção de água dos grãos, e o consumo específico de energia, devem-se considerar os fluxos de ar e de grãos. Mantendo determinada relação e promovendo incrementos na temperatura do ar de secagem, espera-se que ocorra elevação na taxa de remoção de umidade dos grãos. Resultados de simulação mostraram que, sob determinadas condições, o consumo específico de energia será reduzido à medida que for elevada a temperatura do ar de secagem. Contudo, combinando-se o aumento de temperatura com a redução do fluxo do ar de secagem, ter-se-á o mesmo consumo específico de energia para a mesma taxa de remoção de umidade (WALKER e BAKKER-ARKEMA, 1978).

OSÓRIO (1982) avaliou um sistema de secagem em fluxos concorrentes para café, trabalhando com temperaturas de 80, 100 e 120 °C no ar de secagem. Concluiu que o sistema, para o mesmo fluxo de ar, foi energeticamente mais eficiente quando trabalhou com temperaturas mais elevadas.

Nos secadores de grãos, a energia liberada pelo combustível para aquecer o ar de secagem pode ser avaliada por processos analíticos. Várias são as expressões analíticas utilizadas para determinar o poder calorífico dos combustíveis. Todas se baseiam na composição química e nas propriedades físicas dos combustíveis (GOMIDE, 1979; PERA, 1966; RAVAGLIA, 1965).

Dulong, citado por GOMIDE (1979), estabeleceu que "a potência calórica de um combustível é igual à soma das potências calóricas dos elementos que o formam, deduzindo-se a porção de hidrogênio

que, combinando-se com o oxigênio do combustível, forma água". Analiticamente, a lei de Dulong pode ser escrita conforme a equação 1.

$$Pci = 8.100 \cdot C + 34.000 \cdot \left(H - \left(\frac{O}{8} \right) \right) + 2.500 \cdot S - 600 \cdot (w - 9 \cdot H) \cdot 4,186 \quad \text{Eq. 1}$$

em que

Pci = poder calorífico inferior do combustível, kJ kg^{-1} ;

C = fração de carbono presente no combustível, kg kg^{-1} ;

H = fração de hidrogênio presente no combustível, kg kg^{-1} ;

S = fração de enxofre presente no combustível, kg kg^{-1} ; e

O = fração de oxigênio presente no combustível, kg kg^{-1} .

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o desempenho de um secador de lote, intermitente, de fluxos concorrentes, para a secagem de café. Foram avaliados o consumo específico de energia, a capacidade de secagem do sistema e a qualidade final do produto, comparando-a à qualidade do produto secado em terreiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Processou-se café arábica, da variedade Catuaí Vermelho, colhido sobre pano, em sistema de derriça manual, proveniente de uma propriedade agrícola da região. Após a colheita, os grãos foram lavados e, por via líquida, foram separados os grãos pesados (verdoengos, cerejas e passas) dos leves ou bóias. Essa operação foi realizada por meio de um lavador do tipo "sertãozinho". O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Parte do produto, extraída do lote original, foi secada em terreiro de cimento (testemunha) até atingir o teor de água entre 11 e 12 % b.u. Logo após a lavagem e separação, o café foi espalhado em terreiro de cimento para a pré-secagem, até atingir umidade entre 24 e 27 % b.u. A secagem complementar foi realizada em secador de fluxos concorrentes. A fase de pré-secagem em terreiro foi necessária devido ao fato de o secador em estudo não funcionar adequadamente quando o produto apresenta pouca fluidez.

A metodologia empregada para avaliação do sistema de secagem foi a proposta por BAKKER-ARKEMA et al. (1978), modificada para a secagem do café e sob condições brasileiras. Os parâmetros observados para a análise do sistema foram os seguintes: a) dos grãos - características físicas, umidade

inicial e final (% b.u), temperatura inicial e final (°C), índice de impureza (%), massa específica aparente antes e após a secagem (kg m^{-3}), análise de qualidade, massa de produto úmido (kg); b) do ar - temperatura de secagem e do ambiente (°C), umidade relativa (%); c) do secador - vazão específica de ar ($\text{m}^3 \text{min}^{-1} \text{m}^{-3}$), vazão de grãos ($\text{m}^3 \text{min}^{-1}$), tempo de resfriamento (h) ou espessura da camada de resfriamento (m), espessura da camada de secagem (m), pressão estática (mmca), tempo de carga e de descarga (h); d) energia - para acionar o ventilador (kwh), para aquecimento do ar (kJ) e para movimentar os grãos (kwh); e) desempenho do secador - duração do teste (h) ou volume do secador (m^3), redução de umidade da massa de grãos (%), consumo específico de energia considerando-se a eletricidade (kJ kg^{-1}) e excluindo-se a eletricidade (kJ kg^{-1}).

O protótipo utilizado no experimento possui, internamente, seção transversal quadrada, com 1,0 m de lado. As suas características dimensionais estão apresentadas na Figura 3. É composto das seguintes partes: a) câmara de repouso com $1,3 \text{ m}^3$ b) plenum com $0,8 \text{ m}^3$; c) câmara de secagem – com $0,55 \text{ m}^3$ d) sistema de ventilação – vazão de 26 m^3 de ar/min e 150 mmca; e) elevador de caçambas – capacidade igual a $22,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, equipado com motor de $\frac{3}{4}$ cv; e f) fornalha a lenha, com aquecimento direto, construída segundo SILVA e LACERDA FILHO (1984). Como combustível, utilizou-se eucalipto com umidade de 25 % b.u.

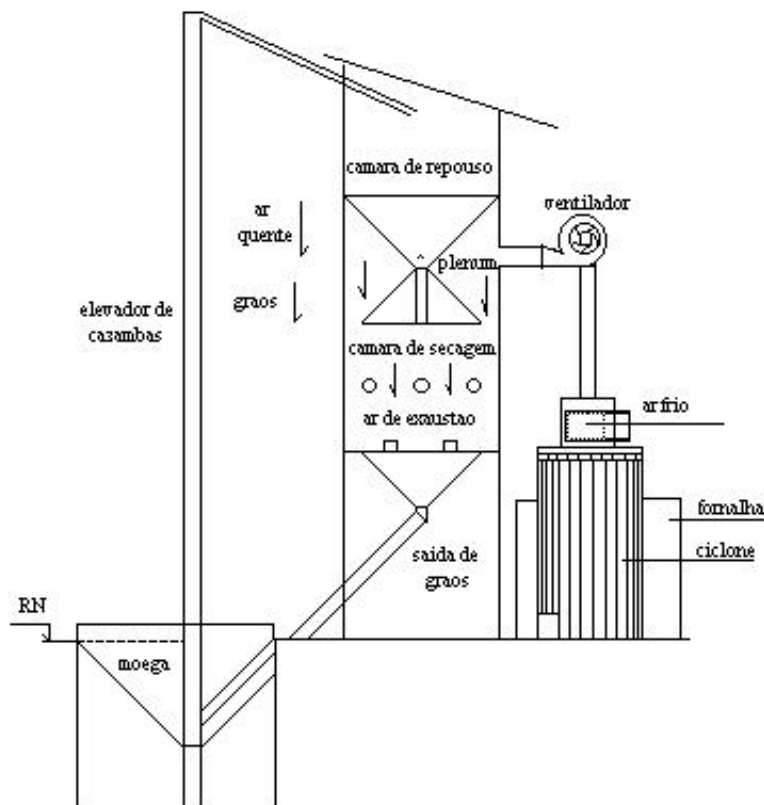


Figura 1 - Croqui: esquema do sistema de secagem em lotes, em fluxos concorrentes.

A temperatura utilizada no ar de secagem foi de 80 ± 10 °C. A energia utilizada para o aquecimento do ar de secagem foi calculada por meio da equação 1, com base na massa e na composição elementar média do eucalipto.

O resfriamento da massa de grãos foi realizado com o mesmo fluxo de ar de secagem, até que a temperatura máxima observada na massa de grãos fosse, no máximo, 10 °C acima da temperatura do ambiente. A medição das variáveis necessárias à análise do sistema foi feita em intervalos de tempo regulares, de duas horas, considerando-se o seguinte: a) temperatura – as medidas de temperatura do ar ambiente foram feitas em um termoigrógrafo, instalado em abrigo meteorológico, localizado na área experimental, conforme os padrões recomendados pelo serviço de meteorologia do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. As temperaturas do ar de secagem, de exaustão e da massa de grãos foram medidas por meio de sistemas de termometria, utilizando termopares e um potenciômetro, com precisão decimal; b) vazão de ar – foi determinada a curva característica do ventilador, estabelecendo-se as relações entre a pressão e a vazão de serviço. Na câmara plenum foram construídos pontos de medições de pressão estática, cujas medidas foram realizadas com um manômetro diferencial inclinado. Por meio da pressão estática, obtiveram-se os valores da vazão específica do ar; c) umidade dos grãos – o teor de água dos grãos foi medido em estufa, com circulação natural de ar, conforme as normas estabelecidas pela American Association of Cereal Chemists, isto é, 105 ± 2 °C, durante 72 horas. Um medidor de umidade indireto foi usado durante o processo de secagem, a fim de obter respostas rápidas; d) fluxo de grãos – foi medido através da cronometragem do tempo necessário para a movimentação e coleta de $1,0 \text{ m}^3$ de grãos; e) massa específica – foi medida em balança de peso hectolítrico, com capacidade volumétrica igual a 1,0 L; f) energia – o consumo de energia para o aquecimento do ar de secagem foi determinado através da medida da massa e do poder calorífico inferior do combustível. O consumo de energia elétrica foi determinado pelo tempo de operação, pela eficiência e pela potência dos motores elétricos utilizados para movimentar o ar e os grãos; e g) qualidade dos grãos – foi avaliado pela COOXUPE, conforme os padrões de tipo e de bebida estabelecidos para a comercialização de café.

A Figura 2 apresenta as curvas de secagem, considerando-se os três testes realizados. Observa-se que o sistema permitiu redução significativa no tempo de secagem, quando comparado aos sistemas comerciais existentes no mercado, considerando-se a capacidade do secador em estudo. O teor inicial de água dos grãos variou entre 24,5 e 26,4% b.u., e o final, entre 12,5 e 15,9% b.u. O alto valor da umidade final do produto, para o teste 3, foi devido à interrupção antecipada do teste (seis horas de secagem).

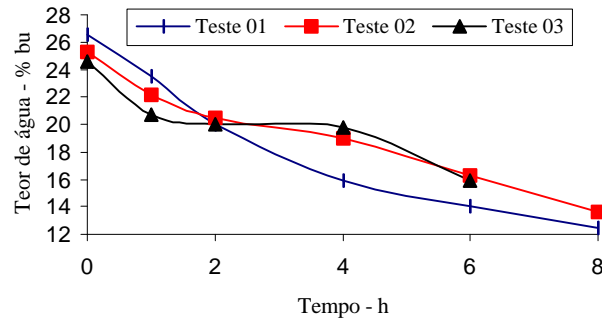


Figura 2 - Curvas de secagem do café, em secador de fluxos concorrentes.

A Figura 3 apresenta o comportamento da temperatura dos grãos e do ar durante o processo de secagem, excluindo-se a fase de resfriamento, para os três testes experimentais. Observa-se que em todos os testes (Figura 3), apesar de a temperatura do ar de secagem ter atingido valores entre 80 e 92 °C, a temperatura na massa de grãos não ultrapassou o valor igual a 55 °C. Esse comportamento se deve ao efeito do não-fornecimento de calor durante o tempo em que o produto permaneceu na câmara de repouso, permitindo a migração da umidade do interior para a superfície dos grãos.

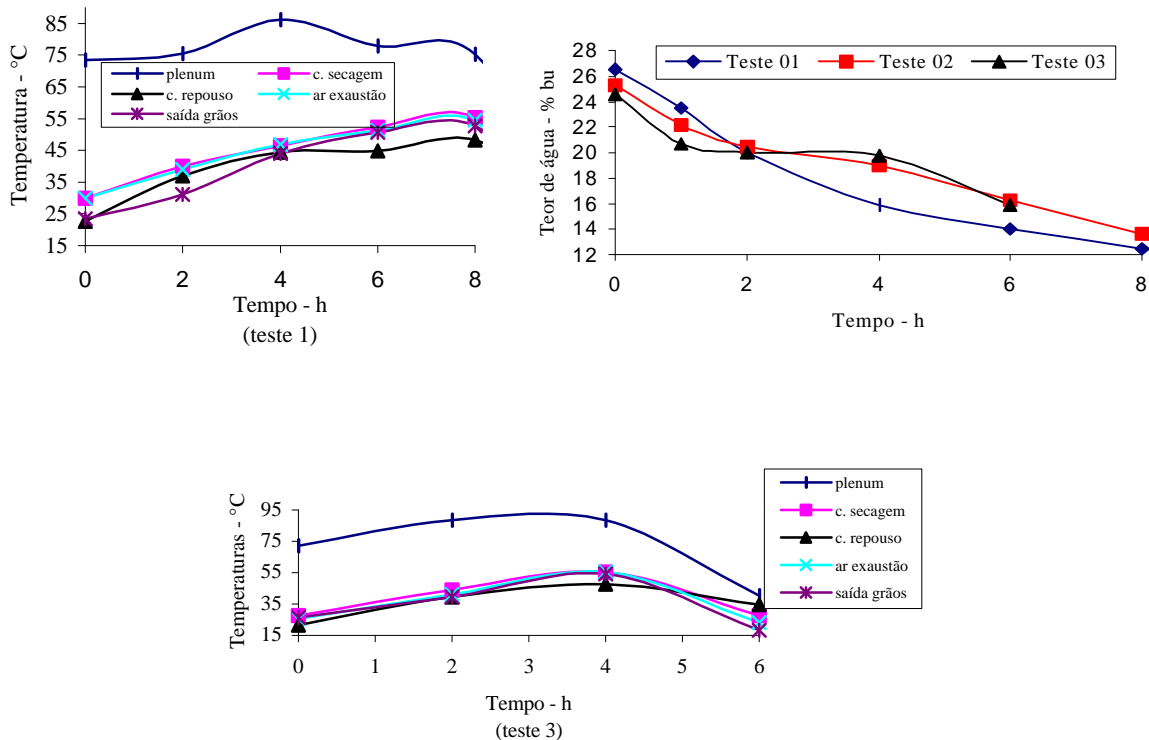


Figura 3 - Variação entre as temperaturas observadas experimentalmente, durante os testes de secagem.

Com isso, ao receberem o ar quente na câmara de secagem, os grãos, com a superfície úmida, ficaram submetidos a um aquecimento de menor intensidade devido à evaporação de água, o que reduziu os efeitos do estresse térmico que normalmente ocorre nos grãos durante o processo de secagem contínua.

A Figura 4 mostra o consumo específico de energia durante a realização dos três testes experimentais. Verifica-se uma variação entre 10,2 e 29,3 kJ por kg de água evaporada. O teste 2 apresentou maior consumo específico de energia pelo fato de ter sido interrompido durante 12 horas, o que permitiu o esfriamento dos grãos. Conseqüentemente, ao reiniciar a secagem, para o reaquecimento da massa, foi necessário um consumo adicional de energia. Esse resultado mostra que, sob o ponto de vista energético, a secagem não deve ser interrompida. O teste 3 apresentou menor consumo específico de energia pelo fato de o processo ter sido interrompido quando o teor de água dos grãos estava com 15,9% bu. Entretanto, para qualquer dos testes realizados, o consumo específico de energia apresentado pelo sistema de secagem concorrente foi inferior ao dos secadores de fluxos cruzados, comparando com os resultados de literatura, apresentados por BAKKER-ARKEMA et al. (1981).

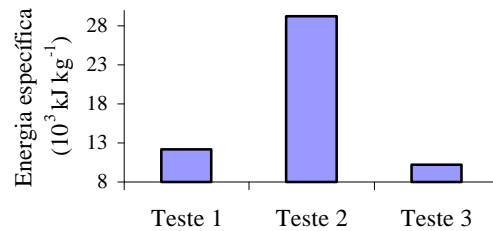


Figura 4 - Consumo específico de energia para os três testes experimentais.

A Tabela 1 apresenta as condições de realização dos testes experimentais de secagem e os respectivos resultados observados.

O menor consumo específico de energia observado no teste 3 se deveu ao fato de a secagem ter sido concluída quando o produto ainda continha 15,9% b.u. Sabe-se que aumento significativo da energia específica seria verificado caso o produto tivesse a umidade reduzida até 11,0% bu.

A qualidade final do produto foi avaliada pela COOXUPE, quando analisou o tipo e a bebida do café processado. A Tabela 2 apresenta esses resultados.

Tabela 1- Resultados, em valores médios, observados durante a realização de três testes experimentais, em um sistema de secagem em fluxos concorrentes

Variáveis observadas	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Parâmetros relativos aos grãos – café cerejea:			
. umidade inicial, % b.u.	26,5	25,3	24,6
. umidade final, % b.u.	12,5	13,0	15,9
. temperatura inicial dos grãos, °C	22,7	24,3	21,7
. temperatura final dos grãos, °C	24,3	28,1	45,7
. teor de impurezas da massa de grãos, %	1,0	1,0	1,0
. massa específica aparente inicial, kg m ⁻³	516,9	489,0	475,6
. massa específica aparente final, kg m ⁻³	366,3	364,0	405,4
Parâmetros relativos ao ar:			
. temperatura de secagem, °C (± 10 °C)	77,4	77,8	80,4
. temperatura média ambiente, °C	20,5	15,0	15,8
. umidade relativa média ambiente, %	74,0	70,5	71,0
Parâmetros relativos ao secador:			
. fluxo de ar, m ³ min ⁻¹	25,0	25,0	25,0
. fluxo de grãos, m ³ min ⁻¹	0,9	0,9	0,9
. espessura da camada de grãos, m	0,55	0,55	0,55
. largura da câmara de secagem, m	1,0	1,0	1,0
. área da câmara de secagem, m ²	1,0	1,0	1,0
. pressão estática, mmca	30,0	23,0	23,0
Parâmetros relativos à energia:			
. combustível, kg h ⁻¹ (eucalipto – 25% b.u.)	45,4	77,5	24,6
. energia elétrica, kwh	26,5	33,1	26,5
Desempenho do secador:			
. duração dos testes, h	08	10	08
. redução de umidade dos grãos, % b.u.	16,0	14,1	10,3
. efic. energética excluindo-se a eletricidade, kJ kg ⁻¹	12.146,6	29.329,6	10.201,2

Tabela 2 - Resultados da análise do café cerejea, de meia seca em terreiro, processado em secador de fluxos concorrentes

Parâmetros Analisados	Teste 1		Teste 2		Teste 3	
	Testemunha	Sec. concorrente	Testemunha	Sec. Concorrente	Testemunha	Sec. concorrente
Bebida	apenas mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole	apenas mole
Núm. de defeitos	169	258	204	252	204	240
Peneira	16-ac-70 %	16-ac-78 %	16-ac-76 %	16-ac-85 %	16-ac-76 %	16-ac-84 %
Umidade, % bu	12,9	12,9	11,7	12,6	11,7	14,2
Renda	24,4	25,8	24,5	25,5	24,5	24,5

Verificou-se que, apesar de a temperatura do ar de secagem ter variado entre 80 e 92 °C, a qualidade da bebida do café não foi afetada, em comparação com a testemunha, secada em terreiro. Em relação à classificação por peneiras, verificou-se, com exceção da testemunha referente ao teste 1, que uma quantidade superior a 70% dos grãos ficou retida na peneira 16/64". Esse resultado, associado ao de bebida, confere ao produto as características necessárias à exportação.

CONCLUSÕES

Os resultados experimentais permitiram concluir que:

- O sistema de secagem em lotes, em fluxos concorrentes, para café com meia seca em terreiro de cimento mostrou-se apropriado para obter café de qualidade.
- A interrupção da secagem quando o café continha umidade final igual a 15,9% b.u., proporcionou redução no consumo específico de energia, evidenciando-se a maior demanda de energia durante a fase final de secagem.
- A interrupção no processo, conforme ocorreu durante a realização da secagem do teste 2, proporcionou aumento de 58,6% no consumo de energia em relação ao teste 1 e de 75,2% em relação ao teste 3. Entretanto, deve-se considerar que no teste 3 a secagem foi concluída quando a umidade final do produto era igual a 15,9% b.u.
- O sistema permitiu a utilização de temperatura igual 85 ± 5 °C, no ar de secagem, sem o comprometimento da qualidade do café, obtendo-se a característica de bebida apenas mole, isto é, o mesmo resultado observado na secagem em terreiro.
- Mesmo que a temperatura do ar de secagem tenha atingido 92 °C, a máxima temperatura dos grãos foi de 55 °C, evidenciando-se o efeito da intermitência no processo de secagem e a importância de o ar e os grãos movimentarem-se no mesmo sentido dentro do secador, como é característico o sistema de secagem em fluxos concorrentes.
- É importante a realização de novos estudos sobre a secagem de café em secadores de fluxos concorrentes, com o objetivo de estabelecer padrões referenciais de avaliação e ajustar modelos matemáticos que possibilitem a simulação do processo de secagem em secadores com essas características.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER-ARKEMA, F. W.; LEREW, L. E.; BROOK, R. C.; BROOKER, D. B. Energy and capacity performance evaluation of grain dryers. East Lansing: ASAE, 1978. 14 p. (Paper n. 78-3532).
- BAKKER-ARKEMA, F. W.; RODRIGUES, J. C.; BROOK, R. C.; HALL, G. E. Grain quality and energy efficiency of commercial grain dryers. St. Joseph: ASAE, 1981, 15 p. (Paper n. 81-3019);
- BITANCOURT, A. A. As fermentações e as podridões da cereja do café. In: **Boletim da superintendência do serviço do café**. s.d. p.7-14. (cópia xerográfica);

- BROOK, R. C.; BAKKER-ARKEMA, F. W. Concurrent flow drying of foods grains. East Lansing: ASAE, 1980. 9 p.
- GOMIDE, R. **Estequiometria industrial**. São Paulo: Ed. do Autor, 1.980. 430 p.;
- HAWAK, A. L.; NOYES, R. T.; WESTELAKEN, C. M.; FOSTER, G. H.; BAKKER-ARKEMA, F. W. The present status of commercial grain drying. Logan: ASAE, 1978, 42 p. (Paper n. 78-3008).
- KEENER, H. M.; GLENN, T. L. Measuring performance of grain drying systems. Chicago: ASAE, 1.978. 16 p. (Paper n. 78-3521).
- MUHLBAUER, W.; KUPPINGER, H.; ISACCS, G. W. Design and operating conditions of single-stage concurrent flow and two-stage concurrent-counter flow grains dryers. Logan: ASAE, 1.978. 28 p. (Paper s.n.).
- OSÓRIO, A. G. S. Projeto e construção de um secador intermitente de fluxos concorrentes e sua avaliação na secagem de café. Viçosa, 1982. 57 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola?Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Vegetais) – Departamento de Engenharia Agrícola – CCA, Universidade Federal de Viçosa.
- PERA, H. Geradores de vapor da água: caldeiras. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1.966. 55 p.
- RAVAGLIA, E. Projeto de um gerador de vapor da água. São Paulo: Escola Politécnica da USP/ Dep. de Livros e Public. do Grêmio Politécnico, 1.965. 65 p.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e Secadores. In: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2.000. p.107-38.
- SILVA, J. S.; LACERDA FILHO, A. F. de. Construção de secador para Produtos Agrícolas. Viçosa: Imprensa Universitária/Conselho de Extensão. 1984. 17p. (Informe Técnico n. 41).
- WALKER, L. P.; BAKKER-ARKEMA, F. W. Energy efficiency in concurrent flow rice drying. East Lansing: ASAE, 1.978. 16 p. (Paper n. 78-3540).