



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
Tel. (031)3899-2729 Fax (031)3899-2735 e-mail: dea@ufv.br
36571-000 VIÇOSA-MG-BRASIL

PROCESSO DE SECAGEM DE CAFÉ, EM CONDIÇÕES CONTROLADAS, COM UTILIZAÇÃO
DE UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR E SECADORES DE BANDEJA.
(Boletim Técnico)

Apoio:

Cool Seed Indústria e Comércio de Equipamentos de Aeração Condicionada Ltda., no âmbito do
convênio Cool Seed - UFV nº 23/2006.

Associação dos Cafeicultores da Região de Viçosa - ARCA

Coordenação

Adilio Flauzino de Lacerda Filho

Estudantes

Carlos André da Costa, Graduando em Engenharia Agrícola

Douglas Romeu da Costa, MS, Doutorando em Engenharia Agrícola

Viçosa-MG
JANEIRO/ 2010

PROCESSO DE SECAGEM DE CAFÉ, EM CONDIÇÕES CONTROLADAS, COM UTILIZAÇÃO DE UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR E SECADORES DE BANDEJA.

Adilio Flauzino de Lacerda Filho¹
Carlos André da Costa²
Douglas Romeu da Costa³

1. INTRODUÇÃO

A secagem artificial de café, em terreiro, é uma técnica que consiste em espalhar os frutos ou os grãos despulpados em uma superfície pavimentada ou não, a fim de revolvê-los continuamente, quando possível, ou em intervalos regulares de tempo, com o objetivo de passar, através do ar, o produto aquecido por meio da radiação solar. Durante os períodos sem insolação direta, o produto é mantido enleirado e encoberto para que não se perca o calor absorvido durante a exposição à radiação. Esse procedimento depende das condições atmosféricas predominantes, no período da colheita. Para a maioria das regiões produtoras, as condições atmosféricas sem insolação direta são desfavoráveis à secagem, não só pelo fato de a safra ser realizada no período mais frio do ano, mas, também, pelo fato de se observarem, em algumas regiões, a ocorrência de precipitações pluviométricas, além da redução no período de insolação diária. Isso resulta na permanência do produto, durante muito tempo sob condições adversas de clima e leva à deterioração da sua qualidade. O tempo necessário para reduzir o teor de água dos frutos de 60 para 10-12% (b.u.) varia entre 15 e 25 dias, para as diferentes regiões produtoras do Estado de Minas Gerais. Para os cafés descascados, a secagem pode ser realizada em períodos entre 7 e 15 dias, considerando-se a mesma variação no teor de água.

É importante observar que, durante o período de secagem nos terreiros, o café fica exposto às contaminações por animais domésticos (aves, cães, suínos etc), pássaros, roedores, microrganismos, insetos-praga e até pelo próprio homem. Esses agentes contaminantes não só depreciam a qualidade dos grãos, como são importantes veículos indutores de doenças para o homem. Além do que, a redução na qualidade comercial do café está, intimamente, relacionada ao lucro líquido do produtor, uma vez que pequenas variações qualitativas implicam em grandes reduções no preço do produto.

A secagem artificial, pelas características de fluidez dos frutos ou dos grãos úmidos, até o momento, não era realizada em secadores mecânicos e, para alguns modelos já existentes, quando realizada, causava a despolpa dos frutos maduros e, como consequência, a desuniformidade na secagem.

Com o objetivo de substituir a secagem do café em terreiro, em qualquer fase do processo, foi desenvolvido um sistema de secagem em bandejas que permite fluidez e uniformidade de secagem, mesmo para frutos ou grãos com alto teor de água (50 – 60% b.u.). Nos sistemas convencionais, o condicionamento do ar para secagem pode ser realizado por meio de geradores de calor a gás ou a lenha, com fogo indireto, o que causa aumento na pressão de vapor dos grãos ou dos frutos. O aumento de temperatura poderá levar a deteriorações irreversíveis nas paredes celulares dos grãos e resultar em graves danos latentes observados durante o período de armazenagem. Com o objetivo de minimizar tal problema, desenvolveram-se equipamentos eletromecânicos

¹ Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Telef.: (31)3899-1872. E-mail: alacerda@ufv.br. Viçosa, MG. Brasil.

² Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa. Telef.: (31)38992729. E-mail: carcost@gamil.com. Viçosa, MG. Brasil.

³ Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Telef.: (31)3899-2729. Email: douglas_roc@yahoo.com.br. Viçosa, MG. Brasil.

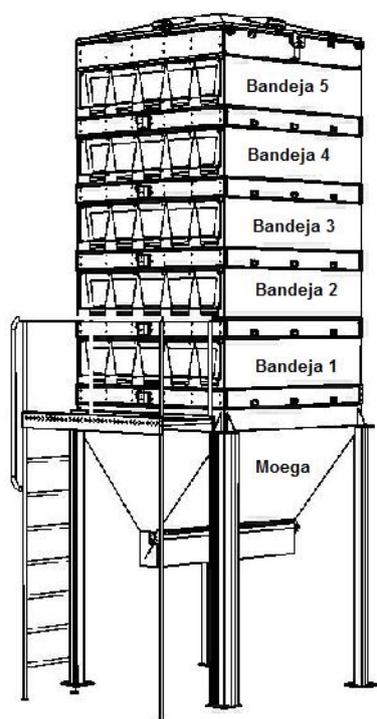
denominados *Unidades Para o Tratamento de Ar* – UTA's, em que o ar de secagem é desidratado e sua temperatura atinge valores aproximados de 40 a 45 °C e umidade relativa entre 15 e 25%. Com esse procedimento, há redução significativa na pressão de vapor do ar, tornando-se desnecessários os aumentos significativos na pressão de vapor dos grãos para que ocorra a secagem. Além do que, não há agressão ao meio ambiente e evita-se o risco de contaminação dos grãos por odores e sabores depreciativos da qualidade do produto.

O grande potencial de aplicação deste novo sistema é a secagem de produto cereja, natural, sem que ocorram problemas de fluidez de frutos e sem aderência às paredes do secador. Na Figura 1, ilustra-se o novo sistema de secagem, cuja operação consiste em movimentar, automaticamente, o produto em bandejas sobrepostas e o tempo para a realização da operação é programado pelo operador do sistema, podendo variar, regularmente, em intervalos de 1, 2, 3 ou 4 horas, conforme as características desejadas para o processo de secagem e teor de água dos grãos.

Definido este tempo, o processo se repetirá, automaticamente, sem a interferência do operador, até que a secagem seja concluída.

Ao ser verificado que o teor de água dos frutos ou dos grãos cereja descascados atingiu o valor entre 30 e 35% (b.u.), o operador terá duas opções de secagem:

- a) Descarregar o secador e iniciar um novo lote. O produto poderá ser enviado para a finalização da secagem em Secadores de Fluxos Concorrentes utilizando como fonte de ar de secagem o equipamento UTA ou nos secadores convencionais existentes no mercado.
- b) Selecionar o modo de operação Finalização de Secagem, para que o equipamento, de forma automática, compense a perda de volume e assim evitar a perda de ar de secagem.



(a)



(b)

Figura 1. Croqui do sistema de secagem de café em bandejas (a) e vista parcial do secador com elevador (b).

Unidade de Tratamento de Ar – UTA

A unidade de tratamento de ar consiste de um sistema de refrigeração, projetado para desidratar o ar de secagem e, ao mesmo tempo, agregar calor sensível ao ar, com o objetivo de aumentar a temperatura para valores desejados, até limites próximos de 40 a 45 °C. Na Figura 2, ilustram-se os diferentes modelos de UTA's.

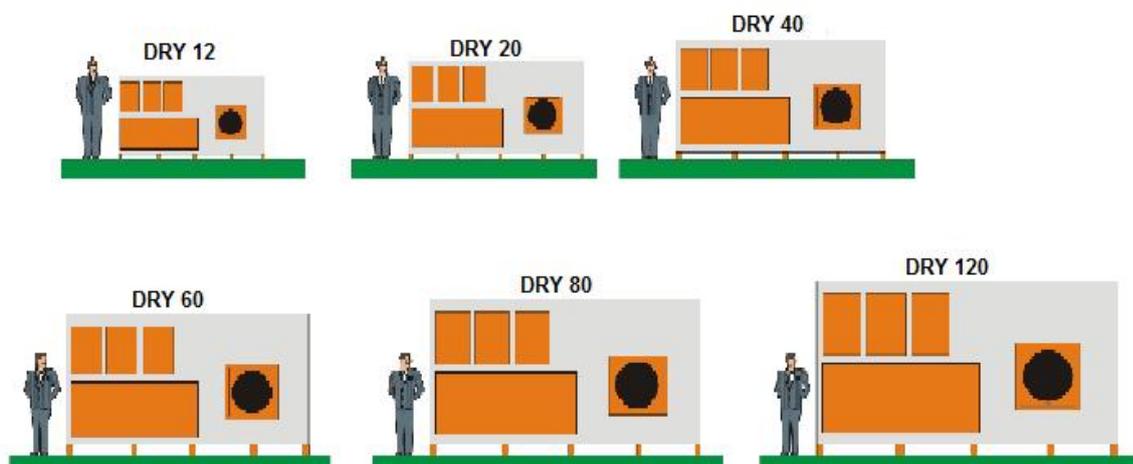


Figura 2. Ilustrações das diferentes unidades de tratamento de ar, utilizadas para condicionar o ar de secagem de café e sementes.

Uma vista parcial do sistema de secagem, constituído por uma UTA e um secador de bandejas, pode ser observada na Figura 3.



Figura 3. Vista do sistema de secagem de café, em operação em uma unidade de secagem (Catalão – GO), com destaque para o sistema automático de comando operacional.

Resultados preliminares

Os resultados de testes experimentais realizados em uma unidade de produção de café, localizada no município de Catalão – GO estão apresentados a seguir, quando

foram secados frutos com características denominadas de 'café da roça', com elevado índice de bóias e verdes.

As variações observadas nas temperaturas do ar ambiente, de secagem, de exaustão, nas diferentes bandejas e na moega estão apresentadas na Figura 4. As medidas de temperatura foram realizadas quando o sistema de ventilação encontrava-se totalmente parado.

Observou-se, durante a operação, que a temperatura ambiente variou entre 22 e 30 °C enquanto a secagem variou entre 40 e 45 °C. Essa condição permitiu que a massa de frutos atingisse temperaturas entre 23 e 45 °C.

Na bandeja 1, onde os frutos de café receberam o ar com maior potencial de secagem, esses atingiram a temperatura de 45 °C, a partir do tempo de secagem de 50 horas. E foram observadas variações no teor de água dos grãos de 15 até 11-12% (b.u.), no final da secagem.

A mesma massa de frutos, no mesmo tempo, ao permanecer na bandeja 5, tinha temperatura de 30 °C. Isto ocorreu pelo fato do ar de secagem, ao passar pelos frutos de café na bandeja 5, já ter passado por todas as bandejas anteriores e estar, portanto, próximo do ponto de saturação de umidade. Isso implica na redução de sua temperatura.

A temperatura de exaustão foi mantida com valores superiores à do ambiente e inferiores à de secagem. Tais dados indicam que o ar, ao passar através da massa de frutos, teve sua razão de mistura e umidade relativa elevadas, estabelecendo-se bom desempenho de secagem.

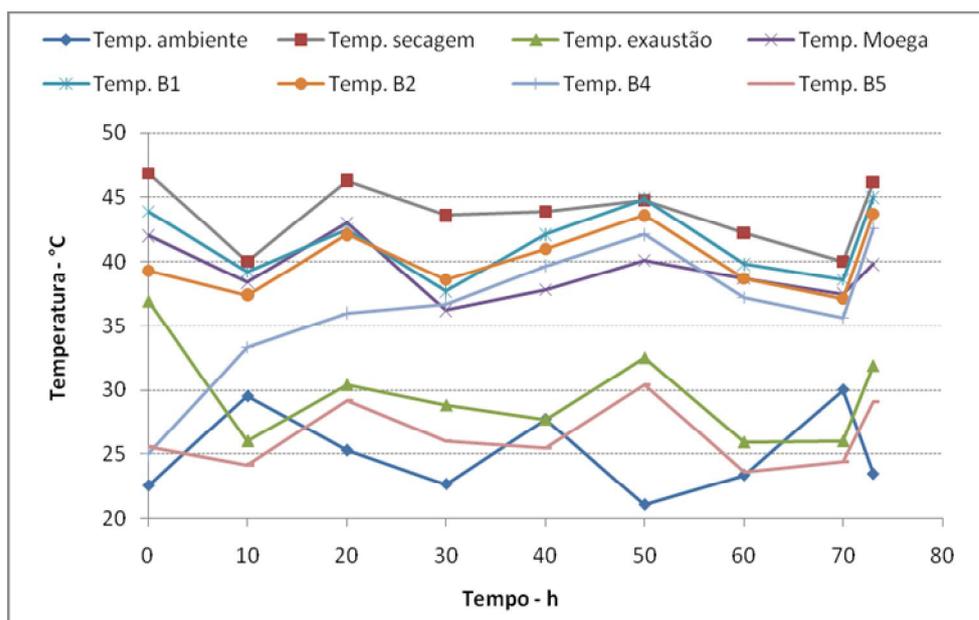


Figura 4. Variações observadas nas temperaturas do ar ambiente, de secagem, de exaustão e da massa de frutos do café durante a secagem.

Na Figura 5, observa-se a variação da umidade relativa do ambiente, do ar de secagem e de exaustão. Verificou-se, para as condições de teste, que a umidade relativa do ar de secagem variou entre 10 e 20%. A umidade relativa do ar de exaustão variou entre 25 e 45%, indicando quando se observa seu potencial de reaproveitamento para o processo de secagem.

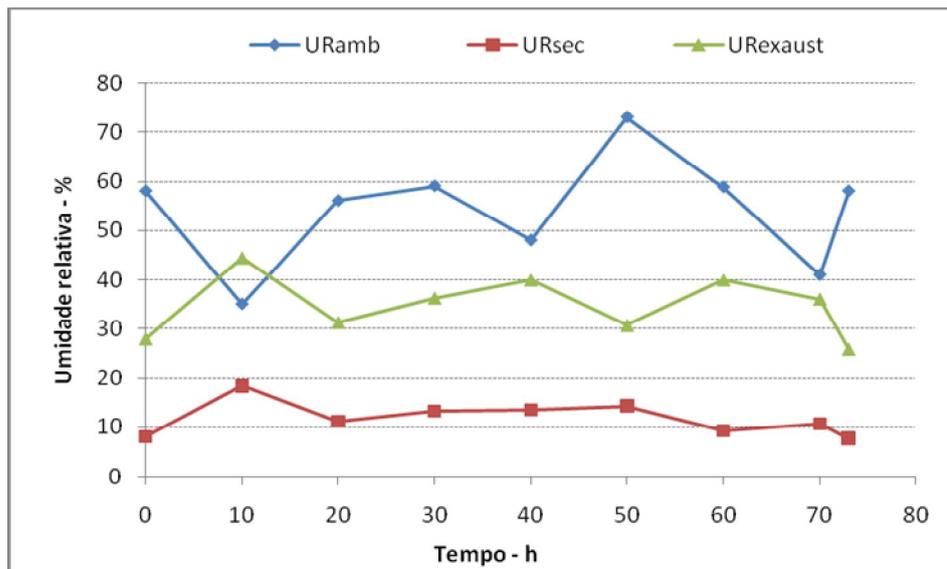


Figura 5. Variações das temperaturas do ar ambiente, de secagem e de exaustão observadas durante o processo de secagem de café natural.

Na Figura 6, observa-se a curva de secagem dos frutos, a fim de se caracterizar a secagem em cada bandeja. O tempo de secagem foi de 73 horas, para reduzir o teor de água de 40 para 11,2 % (b.u.). Com essa redução, estabeleceu-se uma taxa média de secagem de 0,4 pontos percentual por hora, apropriada para a remoção de água, quando se prioriza a qualidade do café.

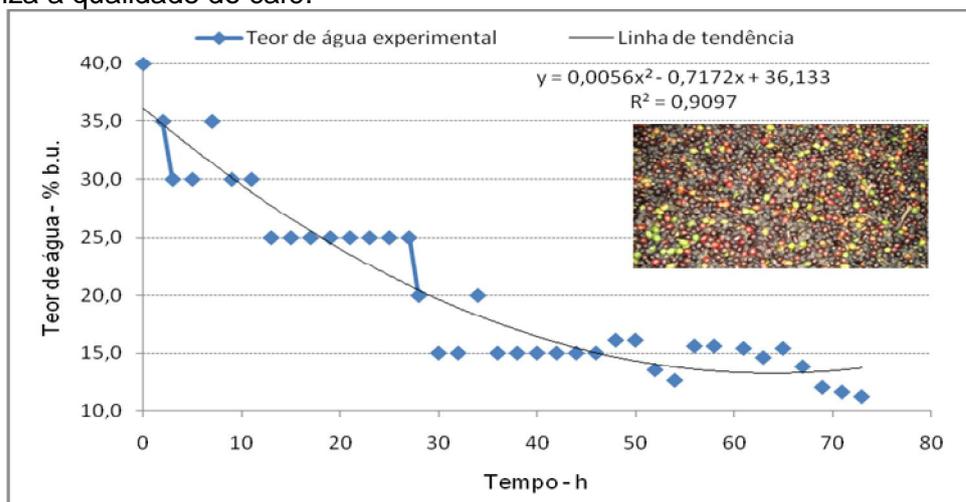


Figura 6. Curva de secagem de café natural, caracterizado como 'café da roça'.

Observa-se que, na secagem, obtiveram-se resultados característicos em função da movimentação dos frutos entre as bandejas, uma vez que as amostras foram obtidas na moega do secador, atendendo aos passos subsequentes de cada bandeja, no intervalo de tempo considerado (01 hora).

O desempenho energético do sistema de secagem pode ser observado na Figura 7. Ressalta-se que esses valores foram obtidos a partir dos resultados estimados pela equação de regressão que gerou a curva de tendência apresentada na Figura 4. Verifica-se que, conforme foi reduzido o teor de água dos frutos, as necessidades energéticas, por unidade de massa de água evaporada, foram maiores. Esse comportamento é característico devido à redução da massa de água livre dos frutos e é observado em

condições práticas quando se verifica a maior demanda de energia para evaporar a mesma unidade de massa de água, no final do processo de secagem.

A síntese dos resultados experimentais obtidos no teste está apresentada na Tabela 1, em valores médios, durante a secagem dos frutos de café.

A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem, em valores médios, foram 43,8°C e 12,40 %, respectivamente. O consumo específico de energia do secador foi igual a 6.326,0 kJ kg de água evaporada.

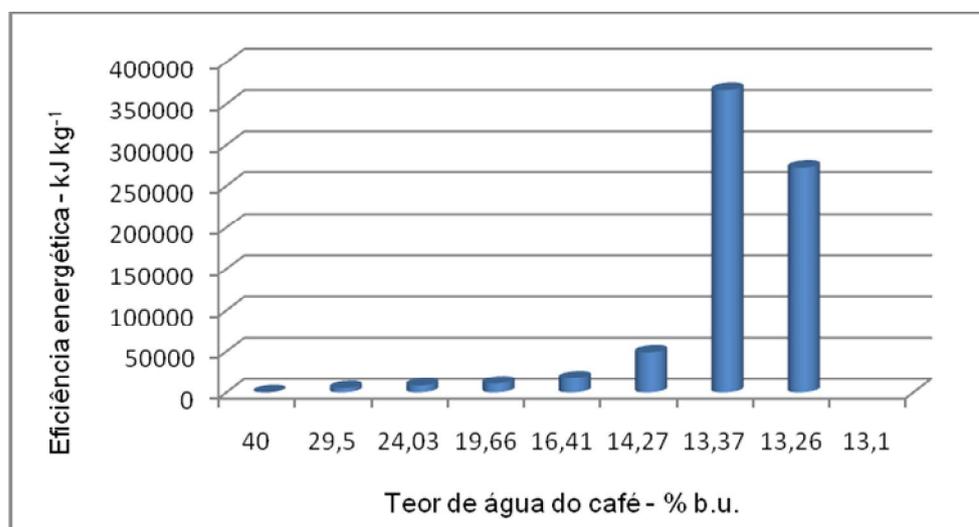


Figura 7 – Necessidades energéticas do processo de secagem de café em função do teor de água, estimado com base na linha de tendência da Figura 6.

Não foi realizada a avaliação da qualidade do produto, o que impede estimar o custo operacional de secagem.

A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem, em valores médios, foram 43,8°C e 12,40 %, respectivamente; enquanto o consumo específico de energia do secador foi igual a 6.326,0 kJ kg de água evaporada.

Tabela 1. Resultados médios obtidos experimentalmente no teste com o secador

Parâmetros	Resultados
Teor inicial de água, % b.u.	40,0
Teor final de água, % b.u.	11,2
Massa inicial, kg	3.100,0
Massa final, kg	1.910,0
Massa de H ₂ O evaporada, kg	1.190,0
Temperatura do ar ambiente, °C	25,0
Temperatura do ar de secagem, °C	43,8
Umidade relativa ambiente, %	52,50
Umidade relativa do ar de secagem, %	12,40
Temperatura do ar de exaustão, °C	27,0
Energia elétrica, kW.h	2.091,0
Eficiência energética, kJ.kg ⁻¹ H ₂ O	6.326,0
Tempo de secagem, h	73,0
Consumo de energia, kW.h.h ⁻¹	28,64
Consumo específico de energia, kWh.t ⁻¹ .% b.u. ⁻¹	9,61

Conclusões

- A Unidade de Tratamento de Ar atendeu satisfatoriamente às necessidades de condicionamento do ar de secagem.;
- O sistema de secagem de café em bandejas é apropriado para a secagem de café com teor de água elevado;
- Os parâmetros de secagem no secador de bandejas são equivalentes aos observados em secadores comerciais;
- Torna-se dispensável a utilização de aquecimento do produto, por meio de combustão, para realizar a secagem.

Literatura consultada

LARRINAGA, M.R.; MARTÍN, P.H.; SAIZ, J.F. La bomba de calor: fundamentos, técnicas y aplicaciones. España: McGraw-Hill, 1993. 556p.

PITA, E.G.A. Acondicionamiento de aire: principios y sistemas. 2ª edição. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de CV, 2002. 548p.

SANTOS, R. R. Análise de sistemas de secagem de café utilizando-se bomba de calor e gás liquefeito de petróleo – GLP: Viçosa: UFV, 2007. 112p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.