

CUSTO DE SECAGEM DE CAFÉ CEREJA EM PROPRIEDADES AGRÍCOLAS DO SUL DE MINAS GERAIS¹

REINATO, C.H.R.²; BOREM, F.M.³; VILELA, E.R.⁴; CARVALHO, F.M.⁵ E MEIRELES, E.P.⁵

¹ Projeto financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ (Núcleo de colheita pós-colheita e qualidade do café); ² Engenheiro Agrícola, mestrando do curso de Ciências dos Alimentos, DCA/UFLA, <reinato@ufla.br>; ³ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia, D.S., DEG/UFLA, <borem@ufla.br>; ⁴ Pesquisador bolsista CNPq, Professor titular aposentado DCA/UFLA; ⁵ Professor Assistente do Departamento de Administração e Economia – UFLA.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar o consumo de energia durante a secagem do café usando lenha e GLP como combustíveis em algumas propriedades da região Sul de Minas, bem como avaliar as razões de possíveis variações existentes no custo entre diferentes produtores. Vinte propriedades foram visitadas, sendo quatro selecionadas com o objetivo de padronizar a caracterização técnica e econômica da secagem. A padronização adotada foi a seguinte: lavagem e separação do café; processamento separado do café bóia e do cereja; pré-secagem do café cereja em terreiro; complementação da secagem do café cereja em secador rotativo com capacidade de 15.000 litros, usando lenha ou GLP como combustíveis. Procedeu-se ao acompanhamento de seis testes, sendo três testes com GLP e três testes com lenha como combustível, para aquecimento do ar na secagem. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que as variações na temperatura do ar de secagem dos testes que usaram lenha como combustível foram maiores do que aquelas observadas nos testes que usaram GLP; o consumo de GLP no queimador que usou chama intermitente foi maior, quando comparado com um queimador regulado para realizar uma queima constante do GLP; o consumo de combustível está fortemente relacionado ao manejo adotado durante a secagem.

Palavras-chave: café, lenha, GLP, custo, secagem.

CHERRY COFFEE DRYING COST IN SUL DE MINAS COFFEE PLANTATIONS

ABSTRACT: The main objective of this work was to determine the consumption of energy during the drying using firewood and petrol-liquefied-gas, as fuels in some farms, as well as, to evaluate the possible reasons of variation in the cost among different producers. Twenty properties were visited and, just four were selected. The selection was made aiming at standardizing the technical and economic

characterization of drying process. The standardization process adopted was the following: wash and separation of the coffee; processing separation from the coffee which floats from the green-cherry; previous drying of the coffee cherry in yard, and drying cherry coffee complementation using rotary dryer with 1,500 liters of capacity using firewood and petrol-liquefied-gas as fuels for heating the air drying. Six drying tests were accomplished using petrol liquefied gas and firewood. The analysis of the results leads to the following conclusions: the temperature variations of the air in the drying process that used firewood, as fuel were greater than those observed in the tests that used petrol-liquefied-gas. The consumption of petrol-liquefied-gas in the burner that used intermittent flame it was greater when compared with a regulated burner to accomplish a constant burn. The consumption of the fuel of petrol-liquefied-gas or firewood is strongly related to the handling adopted in the drying process.

Key words: coffee, drying, firewood, petrol-liquefied-gas, cost.

INTRODUÇÃO

A implantação de um programa interno de conservação de energia constitui o primeiro passo para o uso racional da energia dentro de uma unidade de processamento de produtos agrícolas. Um programa bem elaborado permite otimizar o uso da energia, evitando ações isoladas e duplicação de esforços, que tendem a perder o seu efeito no decorrer do tempo. De acordo com Silva (1983), a operação de secagem é, sem dúvida, a que mais consome energia no processo de produção agrícola, podendo representar até 50% do consumo de energia. As operações de secagem e armazenamento, quando conduzidas corretamente e com equipamentos eficientes, contribuem significativamente para a redução dos custos operacionais, em razão da economia de energia que propiciam.

O café maduro (cereja) possui teor de água de aproximadamente 60% (b.u.). Quando colhido, o café apresenta desuniformidade em relação à maturação, necessitando, portanto, de métodos e cuidados especiais para o processamento e secagem, que não comprometam a sua qualidade final.

A secagem em terreiro, apesar de ser bastante tradicional, apresenta problemas específicos, como a dependência dos fatores climáticos e a necessidade de mão-de-obra e de grandes áreas planas para sua construção.

A secagem em secadores mecânicos permite contornar esses problemas. Entretanto, em razão de necessitar de energia para movimentar o café, aquecer e movimentar o ar, apresenta custo bem mais elevado.

Um manejo correto maximiza a eficiência do secador, contribuindo assim para redução do custo final de secagem. O custo da energia utilizada na secagem depende da temperatura de secagem, do fluxo de ar, do tempo de secagem e do preço do combustível.

Estudando a otimização energética em operações de pós-colheita de café, Barros et al. (1994) concluíram que a secagem mecânica, considerando os tipos de secadores verticais e horizontais, representa 80% do consumo total de energia elétrica, sendo influenciada diretamente pela umidade inicial do café, temperatura de secagem, uniformidade dos lotes e forma de carregamento do secador.

Prete et al. (1995) avaliaram o efeito da temperatura de secagem em estufa com circulação forçada de ar, de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde. Observaram que a secagem dos frutos colhidos nos estádio cereja, independentemente da temperatura de secagem, resultou em grãos normais, com pequenos números de defeitos.

Osório et al. (1983), estudando secador intermitente de fluxos concorrentes para café com temperaturas do ar de secagem de 80, 100 e 120°C, observaram que os fatores que mais exerceram influência no tempo total de secagem foram: temperatura de secagem, teor de umidade inicial e final, vazão do ar com efeitos pronunciados na temperatura.

As fontes de calor para a secagem artificial do café são fornecidas pela queima de lenha ou de combustíveis fósseis. Em todas as suas aplicações busca-se sempre a otimização de seu uso, maximizando a eficiência.

O uso de outras formas de aquecimento do ar que permitam a queima direta do combustível sem a produção de resíduos indesejáveis apresenta grande aplicação na secagem do café.

Lasseran (1979) menciona que até 1979 o óleo diesel, pelo seu preço vantajoso e pela facilidade de utilização, monopolizou a área de combustível de secagem. Entretanto, com a proibição da utilização de quaisquer derivados de petróleo na secagem de produtos agrícolas pelo Conselho Nacional do Petróleo - CNP, em janeiro de 1980, optou-se pela substituição dos queimadores de óleo por fornalhas a lenha. Nos últimos 20 anos, o combustível mais usado na secagem do café foi sem dúvida a lenha.

Pode-se citar como vantagem da madeira como combustível o seu baixo teor de enxofre e de cinzas e, como desvantagens, o fato de ser volumosa (250 a 450 kg.m⁻³ de madeira seca) e apresentar baixo poder calorífico, quando comparada com os derivados de petróleo (Russomano, 1987).

Segundo Russomano (1987), a madeira, especialmente na forma de lenha, é atualmente o principal combustível na geração de calor para a agricultura brasileira. Representa aproximadamente 98% de participação, sendo os 2% restantes distribuídos igualmente entre o carvão vegetal e o gás liquefeito de petróleo (GLP).

Segundo Silva (1986), o aumento do consumo de madeira gera o fenômeno da escassez relativa, ou seja, depósitos próximos e economicamente viáveis em função dos custos de exploração e transporte.

Em razão da crescente demanda de lenha no Estado de Minas Gerais pelas diversas categorias de consumidores, as reservas de florestas naturais e de cerrado estão se tornando cada vez mais escassas e distantes dos centros de consumo. Os custos de transporte constituem um dos principais fatores de encarecimento do produto, o que deverá forçar os consumidores a buscar outros substitutivos com a mesma ou maior eficiência.

A disponibilidade de matas nativas na região de Minas Gerais foi analisada em estudo encomendado pelo IBDF em 1974, confirmando previsões de que já em 1985 as matas existentes não seriam suficientes para as necessidades daquele ano.

Para dar uma idéia da magnitude do consumo de matas nativas em Minas Gerais, registra-se que, se o estoque acumulado durante 15 anos pelo plantio de eucaliptos fosse utilizado para suprir o consumo atual de florestas nativas, em menos de dois anos aqueles estoques estariam liquidados (Brasil, 1984).

Nesse contexto, o uso da lenha como fonte energética na agricultura torna-se cada vez mais limitante, necessitando, portanto, de estudos de novas fontes de energia para o aquecimento do ar para a secagem de produtos agrícolas.

O GLP é o principal gás combustível no Brasil, sendo o mais difundido para uso doméstico. Além disso, o seu uso contribui para a diminuição do desmatamento, hoje um sério problema nacional. Para que se tenha idéia da importância do GLP na manutenção do parque florestal brasileiro, basta dizer que o consumo de uma tonelada de GLP evita que 50 árvores sejam derrubadas (Brasil, 1984).

A principal vantagem do GLP é a praticidade no manuseio e a constância no fornecimento de calor, além de possuir boa eficiência térmica (60%) e um poder calorífico alto ($33.440 \text{ kJ kg}^{-1}$) em relação à lenha. Existem, porém, muitas dúvidas e divergências entre técnicos e produtores, relacionadas às vantagens econômicas do uso do GLP na secagem do café. Na verdade, pouco se conhece sobre os custos de secagem do café que diferentes produtores possuem ao usarem lenha ou GLP como combustíveis.

Tendo em vista a necessidade de se caracterizar o custo da secagem de café, o objetivo deste trabalho foi determinar o consumo de energia durante a secagem do café usando lenha e GLP como

combustíveis em algumas propriedades na região do Sul de Minas Gerais, bem como verificar as razões de possíveis variações existentes no custo entre os produtores.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foram visitadas 20 propriedades na região do Sul de Minas Gerais, incluindo os municípios de Boa Esperança, Santo Antônio do Amparo, Lavras, Coqueiral, Nepomuceno, Três Pontas e Campos Gerais. Quatro propriedades foram selecionadas com o objetivo de padronizar a caracterização técnica e econômica da secagem, de acordo com o seguinte processamento: lavagem e separação do café; processamento separado do café cereja e do bóia; pré-secagem do café cereja em terreiro; e complementação da secagem do café cereja em secador horizontal rotativo com capacidade de 15.000 litros, usando lenha ou GLP como combustíveis. Cada teste foi realizado de acordo com os critérios adotados por cada produtor para melhor caracterizar as diferenças existentes entre os custos de cada propriedade agrícola, não sendo padronizados o valor e as oscilações da temperatura de secagem, a marca e os modelos dos equipamentos. Na avaliação dos sistemas de secagem foram monitorados os seguintes parâmetros:

- a) Temperatura e umidade relativa ambientes: registrados por um psicrômetro aspirado.
- b) Temperatura do ar de secagem e da massa de grãos: medida por meio de termômetros de mercúrio.
- c) Teor de água: determinado pelo método-padrão de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24h.
- d) Massa específica: estimada pela equação $r = 395,22 + 786,21 \times 10^3 \times U + 331,66 \times 10^4 \times U^2$, em que r = massa específica (kg m^{-3}) e U - umidade (% b.u.) (Couto et al., 1999).
- e) Volume do produto úmido: determinado a partir do cálculo do volume ocupado dentro do secador.
- f) Volume do produto seco: determinado a partir do cálculo do volume ocupado pelo produto na moega de descarga;
- g) Consumo de combustível: a quantidade de gás usado na secagem foi medida por meio de um rotâmetro, instalado na linha de alimentação do secador, e por um contador de tempo, responsável pela totalização do tempo em que o queimador permaneceu funcionando. O consumo de lenha foi determinado por meio da pesagem e cubagem da lenha utilizada em cada secagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da temperatura do ar ambiente, do de exaustão, da massa e do ar no plenum dos testes realizados com lenha são apresentados na Figura 1, e dos testes realizados com GLP, na Figura 2.

Pôde-se observar que todos os testes foram realizados em condições ambientais semelhantes, com temperaturas variando entre 20 e 30°C, garantindo, assim, maior padronização dos testes estudados.

Observou-se que a temperatura do ar no plenum nos testes que usaram lenha como combustível variaram, com grande frequência, entre 82 e 35°C (Figuras 1a, b, c). A temperatura da massa acompanhou as variações ocorridas no ar do plenum, variando com maior frequência em apenas um teste que usou GLP (Figura 1d) e em todos os testes que usaram lenha, atingindo valores de até 60°C (Figura 1 b).

Essas variações ocorreram como consequência da inconstância de fornecimento de lenha na fornalha, provocando picos de temperatura ao longo da secagem nos momentos em que ocorria nova carga de lenha. Essas variações e os valores máximos atingidos são indesejáveis, pois podem comprometer a qualidade final do café.

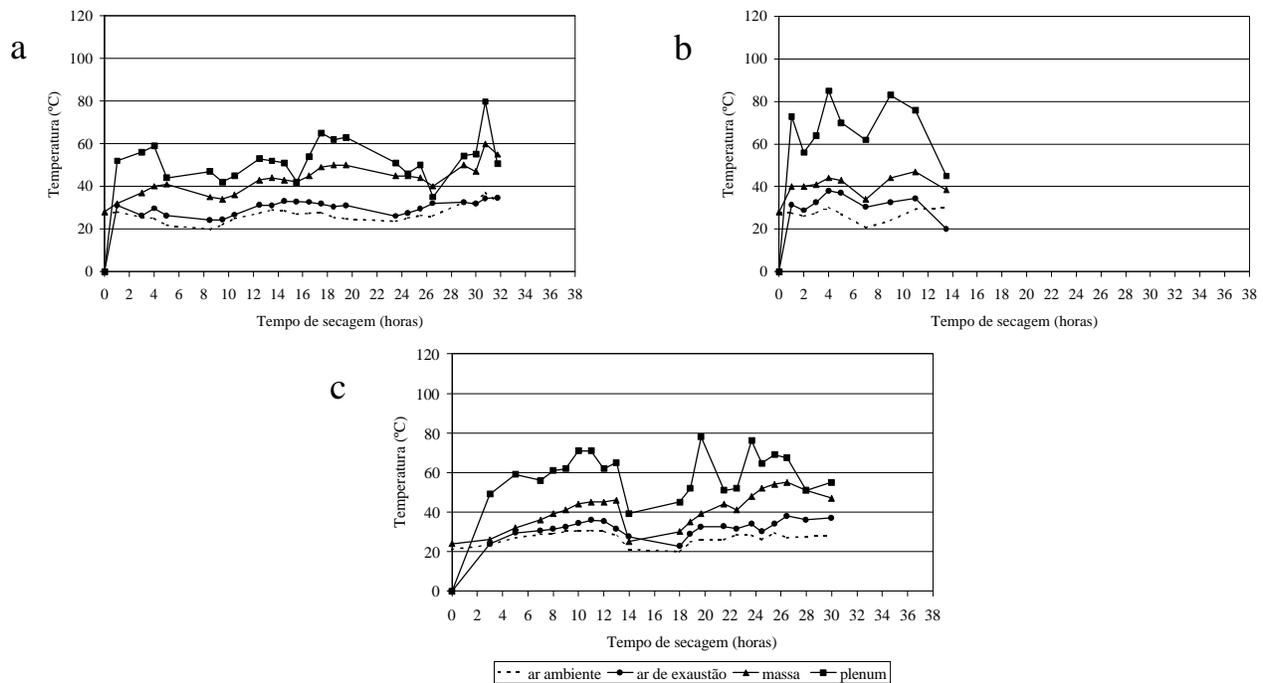


Figura 1 - Valores da temperatura do ar ambiente, da massa, do ar de secagem no plenum e do ar de exaustão dos testes que usaram lenha (a, b, c) como combustível.

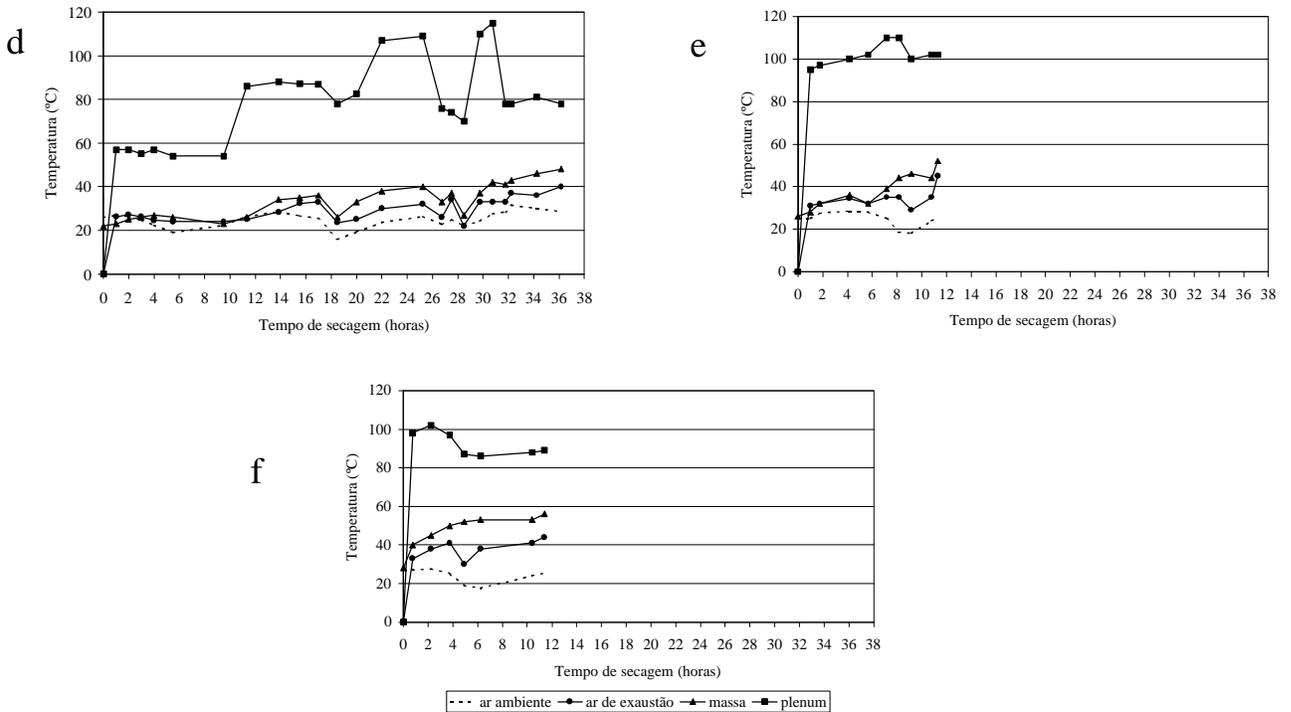


Figura 2 - Valores da temperatura do ar ambiente, da massa, do ar de secagem no plenum e do ar de exaustão dos testes que usam GLP (d, e, f) como combustível.

Nos testes que usam GLP como combustível, a temperatura do plenum permaneceu mais uniforme (Figura 1e, f), exceto o teste apresentado na Figura 1d. Nesse caso, o operador variou a regulagem do termostato do queimador diversas vezes ao longo da secagem. Os dados observados confirmam o que tem sido considerado pela maioria dos técnicos. Entretanto, é importante ressaltar que a forma de operação da fornalha e dos queimadores influencia diretamente o processo de secagem. Dessa forma, uma ação imediata que pode ser tomada para melhorar o desempenho dos secadores e a economia de combustível é o treinamento dos operadores dos sistemas de secagem.

Os resultados de tempo de secagem, consumo de combustível e eficiência de secagem são mostrados no Quadro 1. Apesar de inicialmente terem sido adotados critérios para padronização dos testes, observou-se a ocorrência de variações em alguns parâmetros, como a umidade inicial e final e o volume secado.

Quadro 1 - Parâmetros de secagem do café cereja em três testes realizados em diferentes propriedades agrícolas na região Sul de Minas, usando lenha e GLP como combustíveis

Testes	Umidade (% b.u.)		Tempo de Secagem (horas)		Volume (m ³)	Massa Específica (kg / m ³) ²	Água Removida (kg)	Consumo de Combustível	Custo do Combustível (R\$)		Custo de Secagem (R\$ / kg água removida).	
	Inicial	Final	Total	Real ¹	Inicial	Inicial			Unit. ³	Total		
L e n h a	a	21,28	12,93	27,00	12,50	15,00	426,97	614,20	2,52 m ³	25,00	63,00	0,10
	b	25,96	9,50	47,75	29,75	15,00	437,98	1194,52	4,63 m ³	25,00	115,75	0,10
	c	26,67	11,46	48,00	30,00	15,00	439,77	1133,2	4,38 m ³	25,00	109,50	0,10
G L P	d	38,03	13,49	72,18	36,00	14,50	473,08	1945,85	172,09 kg	1,00	172,09	0,09
	e	21,97	11,73	23,66	11,31	14,08	428,49	699,89	111,93 kg	1,00	111,93	0,16
	f	21,96	11,58	19,91	11,41	12,03	428,49	605,13	74,19 kg	1,00	74,19	0,12

¹ Tempo de secagem descontado o tempo de repouso; no caso de uso de GLP, refere-se somente ao tempo em que a chama permaneceu acesa.

² Couto et al. (1998).

³ Preço médio da lenha, incluindo o frete, praticado no Sul de Minas Gerais no meses de junho e julho de 2001.

Observa-se que os valores do custo de secagem por unidade de água removida, considerando os preços praticados no Sul de Minas no segundo semestre de 2001, para os combustíveis estudados, estão todos dentro da mesma faixa, independentemente do combustível usado. Assim, o custo total de cada operação de secagem estará diretamente relacionado com outros parâmetros, como: umidade inicial e final, temperatura do ar de secagem, fluxo de ar, manejo da fornalha e do queimador, entre outros. Como exemplo, ressalta-se a diferença no custo total de secagem entre os testes apresentados na Figura “1e” e “1f”.

A única diferença entre estes testes foi a intermitência da chama do queimador. No teste “e”, a chama foi mantida intermitente e no teste “f”, constante. Observou-se que, apesar de apresentarem iguais tempos reais de secagem, houve relevante diferença no consumo de combustível, sendo maior quando o queimador foi operado com chama intermitente. Além disso, os testes “e” e “f” apresentaram custo total na mesma ordem de grandeza dos testes com lenha. No caso do teste “d”, observa-se que o custo total foi o mais elevado, apesar de apresentar o menor custo de secagem por quilograma de água removida. Neste teste, o tempo total de secagem (36 horas) resultou num elevado consumo de combustível. Diversos motivos podem ter contribuído para esse fato: a) umidade inicial do café muito elevada - 38,03% b.u., que resulta naturalmente num maior consumo de combustível; b) contração volumétrica da massa de café e

não-preenchimento do volume vazio, resultando em elevada perda de ar com potencial de secagem; e c) variações na temperatura de secagem implementadas pelo operador, como pode ser observado na Figura “1d”.

CONCLUSÕES

A partir dos dados observados, pode-se concluir que:

- ◆ As variações de temperatura nos testes que usaram lenha como combustível foram maiores do que aquelas observadas nos testes que usaram GLP como combustível.
- ◆ O consumo total de combustível está diretamente relacionado com o manejo utilizado na secagem.
- ◆ O consumo de GLP usando chama intermitente foi maior quando comparado com a chama constante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, W.J; FABRI, M.A; VICENTE,J. Estudo de otimização energética em operações de pós-colheita de café. In: 20º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 1994, Guarapari. **Resumos...** Guarapari: MA/Procafé 1994. p.39-41
- COUTO, S.M; MAGALHAES, A.C; QUEIROZ, D.M; BASTOS, I.T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3,n.1,p.61-68.,Jan-Abr, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. **Zoneamento econômico florestal do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Editora IBDF, 1974, p.irr.
- LASSERAN, J. C. Combustíveis e geradores de ar quente. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, v.4, n.2, p.75 -88, dez, 1979.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. CORDENADORIA DE AGROENERGIA. **Proposta de utilização energética de florestas e resíduos agrícolas**. 1. ed. Brasília: Editora Ministério da Agricultura, 1984. 166p.
- SILVA, J. S. Adaptação da fornalha de fogo direto na secagem de grãos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.99, p.7-12., Março, 1983.
- SILVA, S. O. **Preço de lenha para produtores de cal em três micro-regiões homogêneas do estado de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1986. 58p. (Tese de mestrado).

OSÓRIO, A.G.S, SILVA, J.S., DALPASQUALE, V.A., OLIVEIRA, J.L. Secagem de café em secadores de fluxos concorrentes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.99, p.18-24, Março,1983.

PRETE, C.E.C; ABRAHÃO, J.T.M; BARCA, A.A.L. Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos. In: **21º Congresso de Pesquisas Cafeeiras**, Caxambu, MA/Procafé, 1995. p.119-121.

RUSSOMANO, V.H. **Introdução à administração de energia na indústria**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987. 262p.