

**GILMAR VIEIRA**

**SECAGEM INTERMITENTE DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EM  
SECADORES DE FLUXO CRUZADO E EM SECADOR EXPERIMENTAL  
DE CAMADA FIXA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso  
de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do  
título de "Mestre".

**Orientador**

**Prof. EVÓDIO RIBEIRO VILELA**

**LAVRAS**

**MINAS GERAIS-BRASIL**

**1994**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da biblioteca da ESAL

Vieira, Gilmar.

Secagem intermitente de café (Coffea arabica L.) em secadores de fluxo cruzado e em secador experimental de camada fixa / Gilmar vieira.--  
Lavras: ESAL, 1994.

91p. : il.

Orientador: Evódio Ribeiro Vilela.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Bibliografia.

1. Café - Secagem intermitente. 2. Secadores de camada fixa. 3. Secadores de fluxo cruzado. 4. Secagem intermitente. I. Escola Superior de Agricultura de Lavras. II. Título.

CDD-631.36  
-633.736


GILMAR VIEIRA

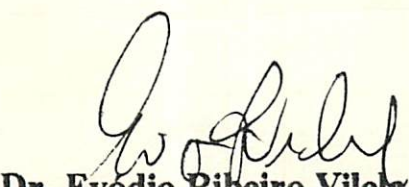
SECAGEM INTERMITENTE DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EM  
SECADORES DE FLUXO CRUZADO E EM SECADOR EXPERIMENTAL  
DE CAMADA FIXA

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso  
de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do  
título de "Mestre".

APROVADA em 14 de junho de 1994

  
Profª Drª Vânia Déa de Carvalho

  
Dr. Paulo Tácito G. Guimarães

  
Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela  
Orientador

A DEUS.

Aos meus pais

Aos meus irmãos

Aos meus familiares

pelo apoio e incentivo

OFEREÇO

### AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade concedida para a realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

Ao professor Evódio Ribeiro Vilela, pelos valiosos ensinamentos e constante apoio e orientação à execução deste trabalho.

Ao professor Gilvan F. Rabello, pela valiosa contribuição na execução deste trabalho.

Ao professor Antonio Marciano da Silva e aos professores do Departamento Ciência dos Alimentos, pelo apoio e amizade no decorrer do curso.

À FAEPE e aos proprietários e funcionários da Fazenda Poço Bonito, Bananal e Sítio Caxambu, pela colaboração durante a montagem, execução dos testes nos secadores e o empréstimo e doação do café para realização dos testes experimentais de secagem.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, EPAMIG, Transporte e aos da Biblioteca Central, pela prestimosa colaboração.

Ao amigo Luiz Olavo Carraro pelo grande auxílio na realização dos desenhos deste trabalho.

Aos colegas do (DCA), Mônica Torres, Vânia, Silvia, Silvio, Kelly, Mônica Pirozzi, Celeste, Elizabeth, Rosemary, Jaime, Wanderleia, Dirce, Irã, Marcus Vinicius.

As amigas Urquiza Bicalho , Sônia Helena e Maria Delizete, pela amizade e colaboração.

À Marcelo Milagres, Sergio Barreto, Cleber Nascimento, Edson Tafuri e Mariangela Messias, pelo incentivo, colaboração, força, amizade e pelo convívio durante a vida acadêmica.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

GILMAR VIEIRA, filho de João Raimundo Vieira e Ancila Batista Vieira, nasceu no município de Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais, em 26 de outubro de 1958.

Em julho de 1990 graduou-se em Engenharia Agrícola, pela Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em agosto de 1990 iniciou o curso de Aperfeiçoamento tipo "B", no Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, encerrando as atividades em julho de 1991.

Em agosto de 1991, iniciou o curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado em Ciência dos Alimentos, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMO .....	xii
SUMMARY .....	xiv
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Características da matéria-prima para a secagem .....	4
2.2 Secagem mecânica do café .....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Matéria-prima .....	21
3.2 Secagem em secadores de fluxos cruzados intermitente nas propriedades .....	22
3.2.1 Testes de secagem .....	22
3.2.2 Metodologia .....	23
3.3 Secador experimental .....	24
3.3.1 Testes de secagem .....	27
3.3.2 Metodologia .....	28
3.4 Análise dos dados experimentais .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1 Secagem em secadores intermitentes de fluxo cruzado....	30
4.2 Secagem intermitente em secadores de camada fixa .....	48
4.2.1 Tempo total de secagem de café do secador de camada fixa .....	48
4.2.2 Tempo de secagem de café do secador de camada fixa ..	54
4.3 Considerações entre os dois sistemas de secagem .....	64

5 CONCLUSÕES .....	66
6 SUGESTÕES .....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
APÊNDICE.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela	página
1 Parâmetros utilizados na avaliação do secador experimental de camada fixa .....	28
2 Estruturas técnicas dos secadores mecânico intermitente de fluxo cruzado A, B, C, com capacidade de 12000 litros .....	34
3 Características técnicas dos secadores mecânico intermitente de fluxo cruzado A, B, C, com capacidade de 12000 litros .....	36
4 Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado A, com capacidade de 12000 litros .....	37
5 Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 1 .....	38
6 Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 2 .....	39
7 Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 1 .....	40
8 Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 2 .....	41

9	Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros, secagem n <sup>o</sup> 3 .....	42
10	Valores médios dos testes de secagem dos secadores mecânicos intermitente de fluxo cruzado A, B, C .....	44
11	Médias do tempo total de secagem de café (horas), em função do fluxo de ar para o período de repouso e secagem, do secador experimental de camada fixa .....	49
12	Médias do tempo total de secagem de café (horas), em função do período de repouso e secagem, do secador experimental de camada fixa .....	55
13	Médias do tempo de secagem de café (horas), em função do fluxo de ar e do período de repouso do secador experimental de camada fixa .....	63
14	Médias do tempo de secagem de café (horas), em função do fluxo de ar e do período de secagem do secador experimental de camada fixa .....	63
15	Valores médios dos 12 testes de secagem no secador de camada fixa .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura		página
1	Secador de camada fixa .....	8
2	Sentido do fluxo dos grãos e do ar de secagem em três tipos básicos de secadores, fluxo cruzado, concorrente e contra corrente, Thompson et al. 1969 ...	8
3	Secador mecânico intermitente vertical de fluxo cruzado .....	10
4	Secador cilíndrico ou tubular rotativo .....	13
5	Secador de camada fixa, Silva e Lacerda Filho, 1984 ...	13
6	Secador experimental de camada fixa com ventilador, registro de gaveta e resistências elétricas com termostato .....	25
7	Diagrama funcional do CTK de comando do secador experimental de camada fixa .....	26
8	Secador mecânico intermitente de fluxo cruzado A, com capacidade de 12000 litros .....	31
9	Secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros .....	32
10	Secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros .....	33
11	Curva de secagem do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado A, com capacidade de 12000 litros ....	45
12	Curva de secagem do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros ....	46
13	Curva de secagem do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros ....	47

- 14 Curvas de secagem experimental do café, para os fluxos de ar de  $16,0$ ,  $33,0$  e  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 minutos ..... 50
- 15 Curvas de secagem experimental do café, para os fluxos de ar de  $16,0$ ,  $33,0$  e  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 60 minutos ..... 51
- 16 Curvas de secagem experimental do café, para os fluxos de ar de  $16,0$ ,  $33,0$  e  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e período de secagem de 30 minutos ..... 52
- 17 Curvas de secagem experimental do café, para os fluxos de ar de  $16,0$ ,  $33,0$  e  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e período de secagem de 60 minutos ..... 53
- 18 Curvas de secagem experimental do café, para o fluxo de ar de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos .... 56
- 19 Curvas de secagem experimental do café, para o fluxo de ar de  $33,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos .... 57
- 20 Curvas de secagem experimental do café, para o fluxo de ar de  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos .... 58
- 21 Curvas de secagem experimental do café, para o fluxo de ar de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos .... 59
- 22 Curvas de secagem experimental do café, para o fluxo de ar de  $33,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos .... 60
- 23 Curvas de secagem experimental do café, para o fluxo de ar de  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos ..... 61

## RESUMO

VIEIRA, Gilmar. **Secagem intermitente de café (*Coffea arabica* L.) em secadores de fluxo cruzado e em secador experimental de camada fixa.** Lavras, ESAL, 1994. 91p. (Dissertação - Mestrado em Ciências dos Alimentos)

Neste trabalho foi estudado o desempenho de secadores verticais intermitentes de fluxo cruzado, comumente encontrados nas propriedades agrícolas e, as características de secagem em um secador experimental de camada fixa utilizando condições de secagem semelhantes aos secadores comerciais. Os secadores apresentaram variações em suas características físicas internas como, no volume da câmara de secagem e repouso, fluxo do café e fluxos de ar, fazendo com que o comportamento do café durante a secagem fosse diferente. Observou-se uma desuniformidade na operação destes secadores ou no mesmo secador, principalmente em relação a temperatura de secagem utilizada que variaram de 40 a 80°C. Em função das diferenças físicas, operacionais, e também da matéria-prima inicial, os tempos de secagem mostraram bastante variáveis de 50 a 96 horas totais de utilização do secador (secagem e paralização), e de 23 a 57 horas de tempo de secagem

---

\* Orientador: Evódio Ribeiro Vilela. Membros da Banca: Vânia Déa de Carvalho e Paulo Tácito Gontijo Guimarães.

propriamente dita. Na secagem experimental foi utilizado um secador montado com uma câmara de secagem, com dimensões de 0,37m de diâmetro por 0,50m de altura, aquecimento através de resistências elétricas e fluxo de ar alimentado por um conjunto de motor e ventilador. Foi utilizada uma temperatura fixa de 70°C, com a camada de café de 0,20m, fluxos de ar de 16,0, 33,0 e 63m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, períodos de secagem de 30 e 60 minutos e períodos de repouso de 60 e 120 minutos, dando um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x2x2), com três repetições. Observou-se uma diminuição significativa tanto no tempo total de secagem como no tempo de secagem propriamente dita, em função do aumento do fluxo de ar. Esta diminuição teve maior efeito quando utilizou-se menor período de secagem e repouso ( 30 e 60 minutos respectivamente). Os tempos de secagem no secador experimental, foram bem menores do que nos secadores mecânicos intermitente de fluxo cruzado com variações de 8,6 a 20,8 horas.

## SUMMARY

### INTERMITTENT DRYING OF COFFEE (Coffea arabica L.) IN CROSS FLOW DRIERS AND IN EXPERIMENTAL FIXED LAYER DRIER.

The present work investigated both the performance of intermittent vertical driers of cross flow, usually found in farms and drying characteristics in a experimental drier of fixed layer utilizing drying conditions similar to those of commercial driers. Driers presented variations in their internal physical characteristics such as the volume of the drying and tempering chambers, grain flow and air flow, which caused differences in the grains behavior during drying process. Some were difference observed in the drying process, occurring both among driers and within each one mainly with regard to drying temperature, that ranged from 40 to 80°C. In function of the physical, operational and also the raw-material, differences the drying time showed to be highly variable, from 50 to 96 hours of total utilization of the drier (drying and paralyzation) and from 23 to 57 hours of drying period alone. It was utilized during the experimental

drying process a drier containing a drying chamber with 0,37m in diameter by 0,50m in height, heated through electrical resistences and air flow fed by a set of motor and fan. A constant temperature of 70°C, with a coffee layer of 0,20m, air flows of 16,0, 33,0 and 63,0m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, drying period of 30 and 60minutes, tempering period of 60 and 120 minutes, given a completely randomized experimental design in a factorial scheme (3x2x2) with three replications. A significant decreasing was noticed, both in the total time of drying and in the drying time it self, in function of the increasing of air flow. This decreasing was higher for shorter drying and tempering period ( 30 and 60 minutes respectively ). Drying times in the experimental drier were far shorter than in the mechanical intermitent drier of cross flow with variations of 8,6 to 20,8 hours.

## 1 INTRODUÇÃO

O café comercial resulta de uma série de operações a que são submetidos os frutos recém-colhidos. Dentre as operações que caracterizam o processamento do café, a secagem torna-se imprescindível, pois visa preparar o produto para o beneficiamento e armazenagem.

No mercado exportador, é de fundamental importância a qualidade do café, o qual deverá possuir propriedades organolépticas indispensáveis. Essas propriedades estão relacionadas com a eficiência do processamento sofrido pelo produto, sendo de grande influência o método de secagem utilizado.

O teor de umidade dos frutos maduros durante a colheita, é considerado elevado podendo chegar a mais de 60%, o que propicia à ação de agentes biológicos, ocasiona o aumento da taxa de respiração e elevação da temperatura da massa, com posterior fermentação. Uma operação de secagem rápida e bem conduzida pode eliminar esses problemas e, se mal conduzida, poderá baixar a qualidade e o valor comercial do produto, antes

mesmo da armazenagem ou acelerar o processo de deterioração durante a estocagem.

A escolha de um método de secagem depende de fatores como o nível tecnológico do produtor, a possibilidade de investimento, o volume de produção, as condições climáticas da região e a disponibilidade de áreas livres.

O conhecimento geral sobre o preparo do café e em particular a secagem, é muito deficiente quando comparado ao conhecimento acumulado para outros grãos produzidos em países bem desenvolvidos no setor agrícola. O café, como outros produtos de clima tropical, não tem sido pesquisado como deveria, apesar de seu alto valor comercial ou porque, os países produtores do fruto não dispõem das condições técnicas necessárias.

No Brasil, o café é secado por métodos bastantes diferentes, se considerarmos o desenvolvimento tecnológico da secagem: a) Secagem ao sol - esparramando-se o produto em terreiro ficando o fruto expostos diretamente à radiação solar, com revolvimento periódico do produto, a fim de acelerar o processo. Dependendo da uniformidade de maturação dos frutos, o tempo necessário para a secagem completa varia de 10 a 20 dias, além de requerer grandes áreas para a construção de terreiros e excessiva mão-de-obra. Em virtude deste longo período, o produto fica exposto a agentes biológicos e às circunstâncias climáticas que na maioria das vezes podem proporcionar perdas na qualidade e conseqüente, no do valor comercial (Correa, 1982). b) Em secadores mecânicos, fazendo circular por meio de ventiladores, o

ar aquecido pela queima de lenha. O ar é forçado a passar pela massa do produto, que pode estar em movimento ou estacionário. Este método vem substituindo, gradativamente a secagem natural, por reduzir o tempo, a mão-de-obra, a necessidade de extensas áreas de terreiro e pela proteção do café em períodos chuvosos.

Apesar das novas tecnologias de secagem e de vários tipos de secadores à disposição dos agricultores, a secagem em terreiros ainda é muito utilizada no Brasil, principalmente nas zonas agrícolas, onde se concentra o pequeno e médio cafeicultor. Os secadores mecânicos, atualmente utilizados na secagem do café, surgiram de adaptações de modelos desenvolvidos para a secagem de cereais e oleaginosas com baixo teor de umidade inicial. Em decorrência disso, esses secadores apresentam características indesejáveis, tais como alto custo operacional e baixa eficiência térmica (abaixo de 40%) (Rossi e Roa 1980).

Os objetivos deste trabalho são: a) analisar o funcionamento de três tipos de secadores comerciais de fluxos cruzado intermitente, através de suas características físicas, capacidade, fluxo de ar, temperatura, tempos de secagem e curvas de secagem. b) Desenvolver a secagem do café em secador experimental de camada fixa, com período de secagem e repouso, semelhantes aos dos secadores comerciais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Características da Matéria-prima para a Secagem

O preparo do café no Brasil é feito pelo processo que denominamos via seca, ou seja, a mistura dos frutos colhidos por derriça é levada aos terreiros e secadores para a secagem. No processo via úmida, utiliza-se somente os frutos cereja, obtido através da colheita a dedo ou separado em lavadores quando o café é de derriça, os quais são despulpados. Este processo é pouco utilizado no Brasil.

Os frutos na árvore amadurecem desuniformemente devido a floradas em época diferentes. Esta característica faz com que os frutos colhidos manualmente em panos se constituem de uma mistura heterogênea, que recebe na prática as seguintes denominações por ordem de desenvolvimetro fisiológico e de seca. da árvore, segundo Carvalho (1956): a) verde - café imaturo com 55-70% de umidade; b) cereja - café maduro com 55-70%; c) passa - café semi-seco com 35-55% ; d) boia - café semi-seco com 25-30%; e) coquinho - café seco com 25% ou menos. A porcentagem de

cada tipo varia com o estágio da colheita, pois os frutos verdes vão se tornando cereja, e os cerejas vão secando na árvores. Assim, além do teor de umidade variável em um lote colhido, o teor médio de umidade varia durante a colheita. Além disso, o teor de umidade varia nas diversas partes dos frutos. Segundo Barbosa, Teixeira e Castilho (1962), a distribuição da água nas partes do fruto é aproximadamente a seguinte: casca, 55-72%; mucilagem, 76-90%; grãos com pergaminho e película prateada, 48-49%.

A secagem deve ser iniciada imediatamente após a colheita, afim de que seja eliminada rapidamente à alta umidade da casca, polpa e mucilagem e evitadas fermentações que possam prejudicar a qualidade do café.

Estudo realizado por Foote (1954), revela que a perda de água no fruto cereja (65%, base úmida) é cerca de 100 vezes mais rápida do que quando este se aproxima do final da secagem (13%, base úmida). Neste trabalho foi verificado também que a movimentação do café a cada hora diminui o tempo total de secagem em cerca de 14%.

Em vista de todas estas características tanto da colheita como da própria composição e estrutura do fruto, a secagem é lenta, ou seja de 10 a 20 dias nos terreiros, e de 24 a 72 horas em secadores. A secagem deve ser intermitente, com períodos de amontoamento e descanso, afim de homogeneizar o café quanto ao teor de umidade. A utilização de lavadores, além de promover uma limpeza, eliminando a terra, pedras, paus e folhas,

separa por diferença de densidade lotes mais uniformes com relação ao teor de umidade, como o cereja, mais pesado, e o bóia, mais leve Godoy e Graner (1962), IBC (1985), facilitando a homogeneização dos frutos durante a secagem.

## 2.2 Secagem Mecânica do Café

No Brasil o processo de secagem artificial teve maior impulso somente a partir da década de 60, com o aparecimento dos secadores de grande porte. Antes, a quase totalidade dos produtos agrícolas era secada no próprio campo ou em terreiros onde eram expostos diretamente á radiação solar e revolvido periodicamente, a fim de acelerar o processo (Tosello 1957).

Através de um estudo elaborado por Soares et al. (1983), os autores afirmam que a secagem em terreiros além do produto ficar exposto à ação de agentes biológicos e à condições climáticas adversas, o tempo de secagem requerido é bem maior que na secagem artificial. Esse tempo é de extrema importância, pois possibilita sincronizar a colheita com a secagem, o que facilita o processamento, evitando a deterioração do produto. Além desses aspectos, a desuniformidade de maturação e o sistema de colheita são alguns fatores que contribuem para que o café entre no processo de secagem em alta temperatura com elevados teores de umidade e, para um mesmo lote com variações muito grandes no teor de água contido nos grãos (16 a 50% b.u.). Com isso ocorrem sérios problemas na secagem, dificultando a homogeneização desse

produto, que somente é conseguida com a secagem lenta ou parcelada.

Brooker, Bakker-Arkema e Hall (1974), dividiu os secadores de grãos em geral, nas seguintes categorias básicas: 1) secador de camada fixa em que não há movimentação dos grãos (Figura 1); 2) secador contínuo onde os grãos se movimentam durante todo o processo de secagem e se dividem em secadores de fluxos cruzados, secadores de fluxos concorrentes e secadores de fluxos contracorrentes, de acordo com a movimentação do ar e do grão.

No secador de camada fixa (Figura 1), a secagem é feita por lotes até a secagem completa dos grãos, onde o ar de secagem sobe do fundo para o topo da camada de grãos. A extração da umidade dos grãos, pelo ar, ocorre em uma camada de grãos que denominamos zona de secagem. Esta zona de secagem começa no fundo da camada, no início da secagem. A medida que a secagem continua esta zona move-se para cima, e quando a zona passa por toda a massa de grãos o produto atinge o equilíbrio com o ar de secagem. Nos secadores contínuos (Figura 2), os grãos se movimentam continuamente por gravidade desde a parte superior, onde o grão entra úmido, até a parte inferior onde se dá o descarregamento. O fluxo do grão é regulado por sistemas diversos localizados na saída do grão, e através desta regulagem efetua a secagem em tempo pré-determinado.

Os secadores vistos anteriormente, entretanto, são usados para cereais e outros grãos, em que o processo é contínuo

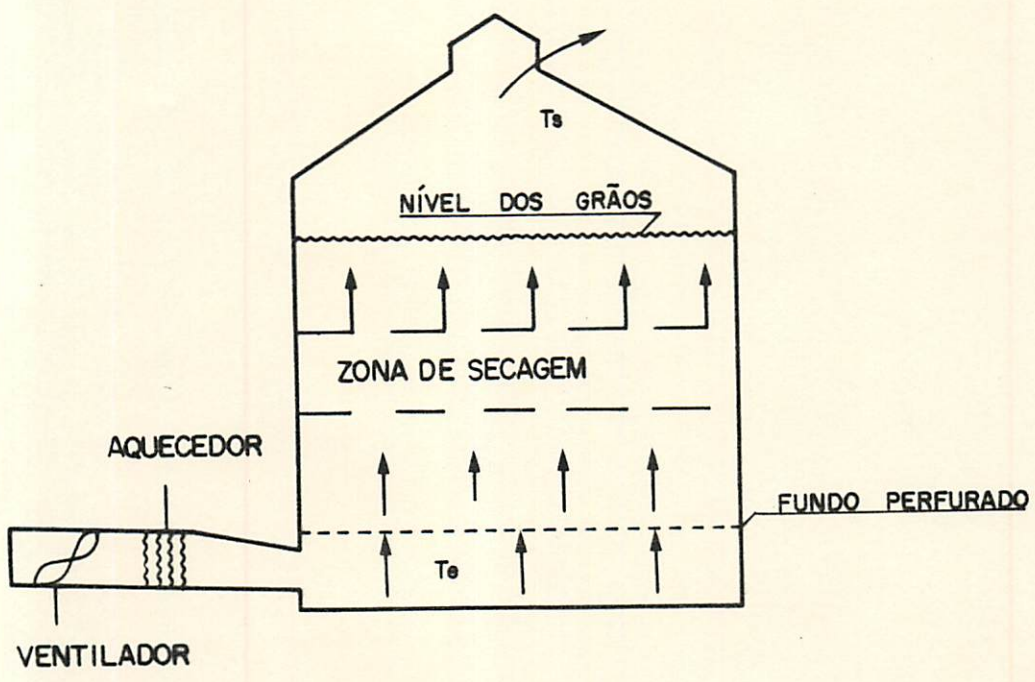


FIGURA 1 - Secador Camada Fixa

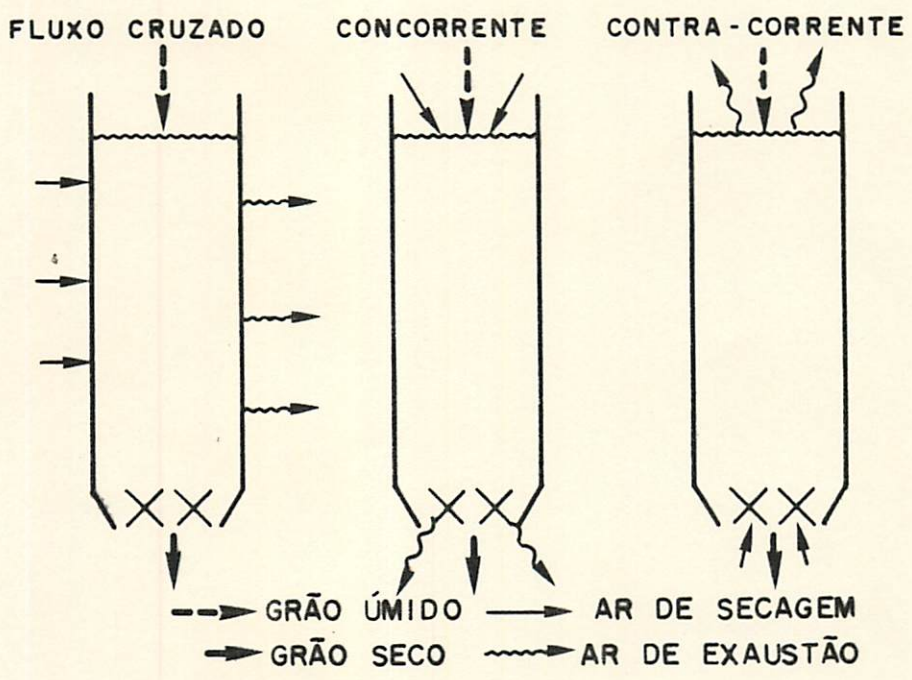


FIGURA 2 - Sentido do Fluxo dos Grãos e do Ar de Secagem em Três Tipos Básicos de Secadores, Fluxo Cruzado, Concorrente e Contra Corrente, Thompson, Poster e Peart (1969).

sem necessidade de interrupção para descanso.

Para o café, entretanto, devido as peculiaridades já vistas anteriormente, e a demora na secagem, em relação aos outros grãos, os secadores e a própria condução da secagem tiveram que ser modificadas afim de se tornarem intermitentes e uniformizar a umidade dos frutos, para não prejudicar a qualidade final.

Assim, os secadores utilizados no Brasil na secagem de café são provenientes de modificações do secador contínuo de fluxo cruzado utilizado para cereais, os quais são construídos com câmaras de descanso para homogeneização da umidade e recirculação do café, tornando-se um processo intermitente. O custo operacional é elevado por necessitar de energia para movimentar o café e aquecer o ar (Vilela, 1977).

Na secagem pelo secador deve-se ter presente a temperatura de secagem e o tempo de duração. As temperaturas maiores tornam a operação mais rápida e, portanto, mais econômica. Não se deve ultrapassar de 80°C a temperatura da entrada do ar. A secagem de 65 a 70°C é recomendável sob o ponto de vista de segurança e economia da operação (IBC, 1985).

Os seguintes secadores ou sistemas de secagem tem sido usados para café IBC (1985) : 1) secador vertical de fluxo cruzado com câmara de descanso; 2) secador cilíndrico rotatório; 3) secador de camada fixa.

Os secadores verticais de fluxo cruzado com câmara de descanso são os mais comuns para café (Figura 3). O café passa pela câmara de secagem, sendo recebido no fundo do secador por um

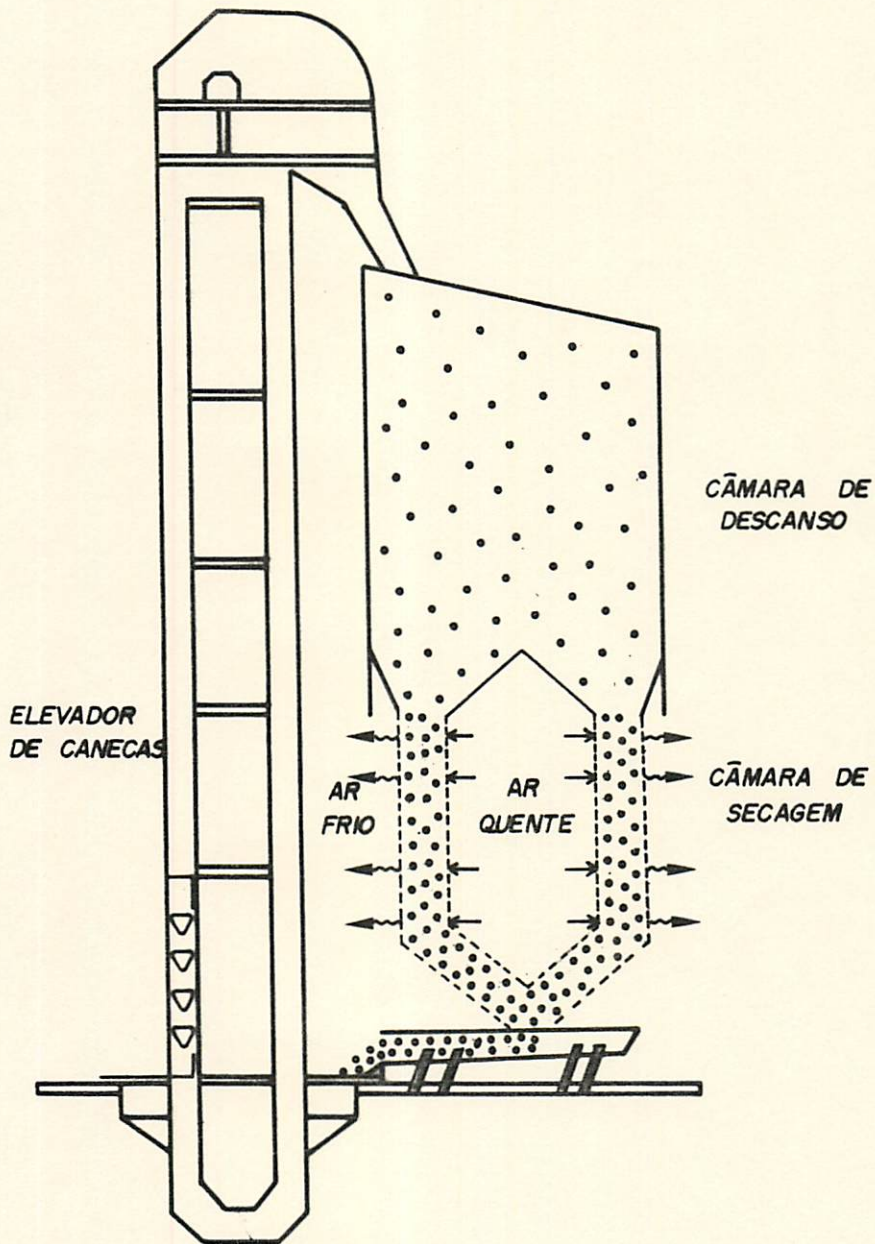


FIGURA 3 - Secador Comercial Intermitente Vertical de Fluxo Cruzado

transportador horizontal de correia ou de rosca e levado até um transportador de canecas, retornando a câmara de descanso, sucessivamente. Assim, a secagem torna-se intermitente, isto é, intercalada com períodos de repouso. Esta intermitencia é repetida até que o grão atinja o teor de umidade desejado para o armazenamento ou comercialização.

Os secadores continuos de fluxos cruzados, vistos anteriormente, (Figura 2), quando utilizados para cereais, apresentam a desvantagem da formação de gradiente de temperatura e de umidade ao longo da espessura da massa de grãos. Esses gradientes surgem porque os grãos mais em contato com o ar de entrada secam e esquentam mais do que os grãos situados do lado oposto da coluna, onde o ar esta saindo, (Pierse e Thompson 1975; Bakker-Arkema, Fosdick e Naylor 1979; Gustafson e Morey 1980). Na secagem intermitente ou parcelada do café, entretanto, não ocorre este fenômeno porque os frutos sofrem a ação do calor por pequenos intervalos de tempo na câmara de secagem e posteriormente passam por períodos de repouso na câmara de descanso, quando os frutos não estão em contato com ar aquecido. Estes intervalos de tempo são variáveis com o tipo de secador comercial intermitente. Durante o período em que o produto permanece na câmara de descanso, os frutos mais secos em contato com os mais úmidos absorvem umidade e , por conseguinte, a massa do produto se torna mais homogênea. Ocorre também uma uniformização da umidade no interior devido a transferência da

água para a periferia do café, facilitando a retirada de umidade na secagem seguinte (Rigitano et al., 1964).

Devido á elevada porcentagem de umidade inicial no café colhido, há necessidade de uma pré-secagem por 3 a 5 dias no terreiro antes de serem colocados nos secadores, para eliminação da umidade externa e redução de volume. Com isto ficam reduzidos os problemas de manuseio do produto nestes secadores, devido ao embuchamento causado pelos frutos úmidos, e a necessidade de recarga para compensar a perda de volume inicial em torno de 30%.

O secador cilíndrico ou tubular rotativo, também utilizado na secagem de café (Figura 4), é um tipo de secador para secagem contínua por não apresentar câmara de descanso, sendo mais recomendável para se fazer uma pré-secagem ou para café despulpado. Entretanto, pode ser intercalado com paralizações e descansos no próprio secador ou em tulhas. É um dos secadores mais eficientes devido a movimentação do café e a distribuição mais uniforme do ar quente em contato com os frutos em todo o secador.

Um secador que está sendo muito utilizado entre os pequenos e médios cafeicultores é o secador de camada fixa com fornalha de fogo direto (Figura 5). Segundo Silva e Lacerda Filho (1984), o café é depositado na câmara de secagem, sobre uma chapa perfurada, numa camada de 50 cm no máximo de altura. Entretanto a cada 2 ou 3 horas o café deve ser completamente revolvido afim de homogeneiza-lo quanto a umidade. Recomenda-se secar durante o dia e descansar à noite para uma seca mais uniforme. A temperatura do

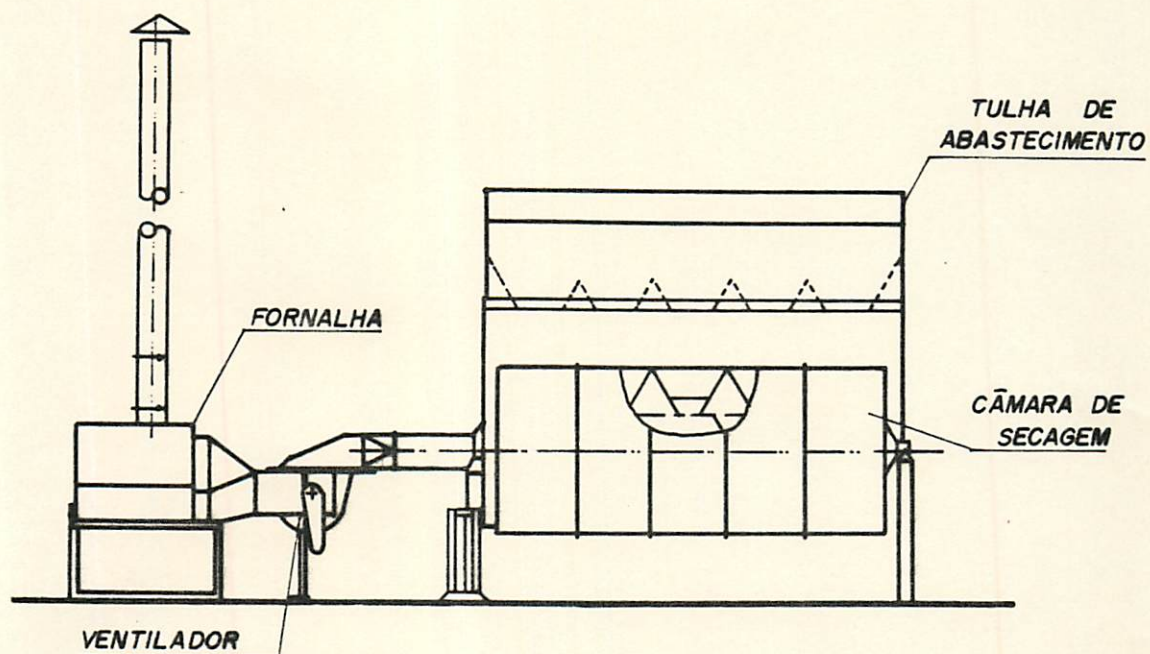


FIGURA 4 - Secador Cilíndrico ou Tubular Rotativo

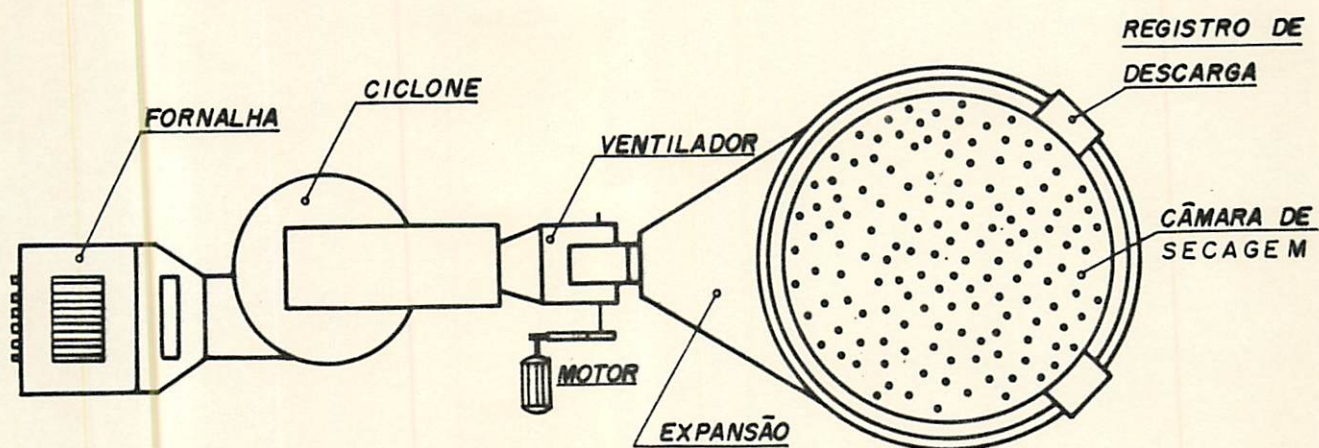


FIGURA 5 - Secador de Camada Fixa, Silva e Lacerda Filho (1984)

ar de entrada não deve ultrapassar 50°C. É um tipo de secador de camada fixa visto anteriormente (Figura 1), porém adaptado com revolvimentos e descansos para o café.

Teixeira, Nogueira e Arruda (1977) fizeram um estudo dos diversos equipamentos para a secagem mecânica do café. Anotaram e analisaram o consumo de lenha e de energia, as variações de temperatura na entrada do ar quente e na massa do café, as alterações da umidade ocorridas no processo de secagem, o tempo de secagem, o rendimento dos secadores, detalhes de construção, falhas mecânicas e a qualidade final do produto. Os autores apresentaram algumas sugestões úteis aos cafeicultores, técnicos e responsáveis pelas firmas de secadores: (a) cafés com porcentagens elevadas de cerejas deveriam ser lavados e submetidos a baixas temperaturas no início da secagem para evitar problemas de embuchamentos causados pelo entumescimento dos frutos e entupimento das telas perfuradas pelo excesso de mel, ocorridos em quase todos os secadores; (b) a separação dos frutos em vários estágios de maturação, realizada através de lavadores e separadores de verdes, deveria ser providenciada para evitar uma matéria-prima heterogênea que dificulta sensivelmente uma boa seca, entretanto, secagens mais prolongadas, a baixas temperaturas e com períodos de descanso, poderiam igualar o teor de umidade do café, conferindo-lhes boa seca; (c) o final da operação de secagem deve ocorrer com teores de umidade mais elevados que os constatados, para evitar perdas de peso e quebras no benefício, entretanto, convém ressaltar que o armazenamento do

café no próprio local da secagem pode ter influenciado negativamente, com o prosseguimento da secagem; (d) as variações de temperatura, anotadas durante o processo de secagem, o volume de ar quente, a velocidade do ar e as perdas de calor que estão ocorrendo precisam ser melhor equacionadas pelas firmas participantes, para que haja um maior aproveitamento do calor, um menor consumo de combustível e um conseqüente aumento no rendimento dos secadores; (e) a operação de secagem não deverá ser processada com temperaturas superiores a 45°C na massa do café.

Teixeira et al. (1980) estudaram o desempenho de secadores mecânicos e barcaças ventiladas na secagem do café. Os autores chegaram às seguintes conclusões: (a) a energia elétrica foi fonte de calor menos econômica que a lenha ou a palha de café; (b) quanto maior a umidade inicial, maior foi o ritmo de evaporação e menor o consumo de recursos, por unidade de água; (c) enquanto que normalmente uma maior umidade inicial no café implica no consumo menor de recursos por unidade de água evaporada, o mesmo não ocorre em se tratando de café verde. Isso leva à conclusão que para uma mesma umidade inicial é bem mais dispendioso a secagem de café verde; (d) verificou-se que na secagem mecânica a melhor qualidade está ligada à secagem menos rápida; (e) o ritmo de evaporação nas barcaças melhora notavelmente com a elevação de temperatura, por isso as barcaças com fornalha deram resultados superiores às barcaças operadas com coletor solar; (f) foi comprovado que, para as barcaças, quanto

maior a umidade inicial do café, maior o ritmo de evaporação. Esse fato também ocorreu nos secadores mecânicos; (g) a eliminação da umidade do café entre aproximadamente 55% e 30% é feita com maior eficiência, por barcaça que por secador mecânico; (h) os cafés que sofreram uma pré-secagem em barcaça ou terreiro, apresentaram na maioria dos secadores um melhor aspecto de seca.

Teixeira et al. (1979a) estudaram as características técnicas e custos de secagem de secadores mecânicos para café. Os autores notaram que a má condução da seca, quer pela rápida passagem nos secadores, quer pelo rápido descanso a que foram submetidos, provocaram nas amostras analisadas fermentações, manchas e descolorações indesejáveis. Esse fato foi comprovado também pelas elevadas porcentagens de cafés esverdeados manchados. Uma outra observação foi que a utilização de cafés mais homogêneos quanto ao estágio de maturação e teor de umidade na entrada dos secadores, a secagem mais lenta e o maior descanso, deverão melhorar o aspecto de seca.

Teixeira et al. (1979b) estudaram o efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes de frutos colhidos verdes. Segundo os autores, a caracterização do defeito verde na classificação por tipos é dada pela cor verde cana da película prateada. Entretanto, além dessa característica fundamental, outras alterações ocorrem no fruto e na película prateada do café colhido verde, prejudicando ainda mais a qualidade. É o caso dos cafés conhecidos como verde escuro e os verde geados ou preto verdes. O autores concluíram que a

maior ou menor incidência de grãos verdes escuros, preto verdes ou verdes geados está diretamente ligada à temperatura de secagem. Concluíram também que o tipo de café, dos frutos colhidos verdes e secos a temperatura superior a 30 °C, fica pior que o dos cafés verdes secos à sombra, em camadas mais grossas no terreiro, ou em temperaturas mais baixas. Além disso a qualidade da bebida, dos cafés colhidos verdes e secos a temperaturas superiores a 30 °C é bem inferior à dos secos em temperaturas mais baixas.

Vilela (1977) realizou um trabalho procurando melhorar o aproveitamento da energia solar na secagem do café. Foram secos 313 kg de café ( peso inicial) com teor médio inicial de umidade de 44% ( b.u.), altura inicial da camada de 0.735 m. Um coletor solar plano de 8 m<sup>2</sup> de área, foi ligado ao silo afim de aumentar a energia do ar ambiental para a secagem. Conseguiu-se acréscimos na temperatura do ar em torno de 20 °C, para uma vazão ao redor de 26 m<sup>3</sup>/min/ton, às 12:00 horas (meio dia). A secagem natural em terreiros que dura de 15 a 20 dias, foi reduzida para 7 dias e meio em um silo estacionario.

Dorfman (1980) desenvolveu um novo método de secagem de café em barcaças com circulação forçada de ar, utilizando a energia solar complementada com energia elétrica. O autor concluiu que: (a) é possível secar café em camadas com alturas máximas de 50 cm sem movimentação do produto, num secador muito simples, com vazões da ordem de 60 m<sup>3</sup>/min/ton de produto; (b) a secagem de camadas de 50 cm de café ou seja, dezessete vezes mais

que num terreiro (3cm) proporciona uma grande redução na área utilizada para secagem; (c) a barcaça é carregada numa operação simples e o produto, após a secagem, pode ser transportado pneumaticamente para a tulha ou silo armazenador permitindo grande economia de mão-de-obra, quando comparado com o sistema tradicional de terreiro; (d) o custo da barcaça e equipamentos complementares junto com sua longa vida útil (calculada em 20 anos com fácil manutenção), tornam-se uma opção vantajosa na secagem do café; o sistema apresenta a melhor opção de utilização na pré-secagem do fruto; (e) ao contrário dos secadores convencionais que requerem uma pré-secagem do café, a barcaça pode ser usada com café vindo diretamente da roça, com alto teor de umidade.

Osório (1982), estudando secador intermitente de fluxos concorrentes para café com temperatura de secagem 80, 100 e 120°C, observou que os parâmetros estudados que mais influenciaram no tempo de secagem foram: temperatura de secagem, teor de umidade inicial e final e vazão de ar, com efeito mais pronunciado da temperatura.

Pinto (1993), desenvolveu e analisou dois sistemas de secagem em um único secador intermitente de fluxos contracorrentes/concorrentes, com temperatura de secagem de 80, 100 e 120°C, destinado à secagem de café. Nesse trabalho, verificou-se que devido a pequena diferença entre os consumos específicos de energia para as temperaturas estudadas, recomenda-se a utilização da temperatura de secagem de 80°C para a operação

do secador.

Silva et al. (1992), desenvolveram e analisaram um secador intermitente de fluxos contracorrentes para café, utilizando as temperaturas do ar de secagem de 60, 80 e 100°C. Os autores recomendam utilizar a temperatura de 100°C do ar de secagem, em razão do menor tempo de secagem, consumo de combustível e da não constatação dos efeitos da temperatura sobre a qualidade do produto final.

Rigitano et al. (1964) estudaram a influência do "parcelamento" na secagem do café em cerejas despulpados e não despulpados da variedade "Mundo Novo". Os autores utilizaram a secagem com temperaturas de 45, 60 e 75 °C, tempos de secagem de 1, 2,3 e 4 horas, com descanso até resfriamento à aproximadamente 30 °C, e secagem contínua. Segundo os autores, os resultados dos testes organolépticos não revelaram diferenças significativas. Eles também concluíram que: (a) o parcelamento reduziu o tempo total de secagem, sendo essa redução de tempo maior para os cerejas não despulpados; (b) no parcelamento, quanto mais baixa foi a temperatura de secagem, tanto maior a redução do tempo total de secagem; (c) quanto maior o número de parcelamentos, maior a redução no tempo de secagem; (d) quando os períodos de descanso foram maiores para um mesmo parcelamento, o tempo total de secagem foi menor; (e) o parcelamento da secagem possibilitou o aumento do rendimento do secador e de sua capacidade de

secagem; (f) o parcelamento excessivo tornou a operação de secagem pouco prática e trabalhosa.

Cordeiro (1982), estudou o efeito das temperaturas de secagem 50, 60 e 70°C, durante 9, 7 e 4 horas, respectivamente, e períodos de repouso de 0, 6 e 12 horas, na secagem de café em camada fixa, e verificou o seguinte: a) o tempo de repouso possibilita a remoção extra de umidade da massa de café e a redução do seu gradiente de umidade, sem movimentação do produto; b) há correlação significativa entre o teor de umidade do café e a altura da camada em cada tempo de repouso; c) a temperatura de 50°C e o tempo de repouso de 12 horas foi o tratamento que apresentou melhores resultados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos de secagem. O primeiro utilizando secadores comerciais em propriedades particulares, nos municípios de Lavras e Ijaci, Minas Gerais, acompanhando-se a secagem nas condições próprias do cafeicultor. O segundo, utilizando um secador experimental, foi realizado na Usina de Processamento de Café, localizada no campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

#### 3.1 Materia-prima

O produto utilizado nos dois experimentos foi o café (Coffea arabica L.), da cultivar catuaí, procedente da Fazenda Vitória (FAEPE), município Ijaci, fazendas Bananal, Poço Bonito e Sítio Caxambu, município de Lavras. O sistema utilizado para a colheita do café foi de derriça no pano. Após a colheita, em todas as propriedades, foram utilizados equipamentos para a lavagem e separação dos frutos em duas frações, uma cereja e verde e outra de bóia. Utilizou-se o café cereja e verde, que

antes de serem levados para o secador, foram submetidos á pré-secagem em terreiro para redução do teor de umidade inicial na faixa de 33 a 48% bu. para os secadores nas propriedades, e em torno de 30% bu. para o secador experimental.

### **3.2 Secagem em Secadores de Fluxos Cruzados**

#### **Intermitente nas Propriedades.**

Foram testados três tipos de secadores mecânicos de fluxos cruzados intermitente os quais denominamos A, B, C, instalado um em cada propriedade no município de Lavras e Ijaci, Minas Gerais. As características técnicas necessárias à avaliação, como volume das câmaras de descanso e secagem foram determinadas no secador antes da secagem, tomando-se as respectivas dimensões internas.

#### **3.2.1 Testes de Secagem**

Nos secadores mecânicos foram realizados seis testes de secagem, um no A, dois no B e três no C. Cada teste foi efetuado em diferentes fazendas, e lotes com variáveis teores de umidade inicial. Os dados de secagem foram coletados acompanhando-se a secagem normal realizada pelo operador nas propriedades, em sua maneira própria de operar. O processo de secagem foí acompanhado tomando-se amostras no início e em intervalos de tempo de 2 em 2 horas para determinação de

densidade e umidade dos grãos. No decorrer da secagem foram feitas leituras de temperatura na entrada do secador e na massa do café, fluxo de ar e fluxos do café.

### 3.2.2 Metodologia

O teor de umidade dos grãos foi determinado na estufa a 105°C durante 24 horas, AOAC (1970).

A densidade aparente foi determinada utilizando-se um recipiente de peso e volume conhecido, cheio completamente com os grãos e pesado novamente. Após efetuado a pesagem e através do peso médio e o volume do recipiente obteve-se a densidade aparente.

A temperatura de entrada do fluxo de ar de secagem no secador, foi registrada através do próprio termômetro do secador, instalado logo após o ventilador.

A temperatura da massa do café na câmara de secagem foi obtida em varios pontos, por meio de um registrador de múltiplo canal, com seis termopares, tipo T, fio de cobre constantãn, instalados em pontos equidistantes na câmara de secagem, sendo três de cada lado da câmara de secagem.

A medição da velocidade do fluxo de ar nos secadores, foi realizada com a utilização de um anemômetro tubo de Pitot marca Dwyer, em local pré-determinado nos secadores.

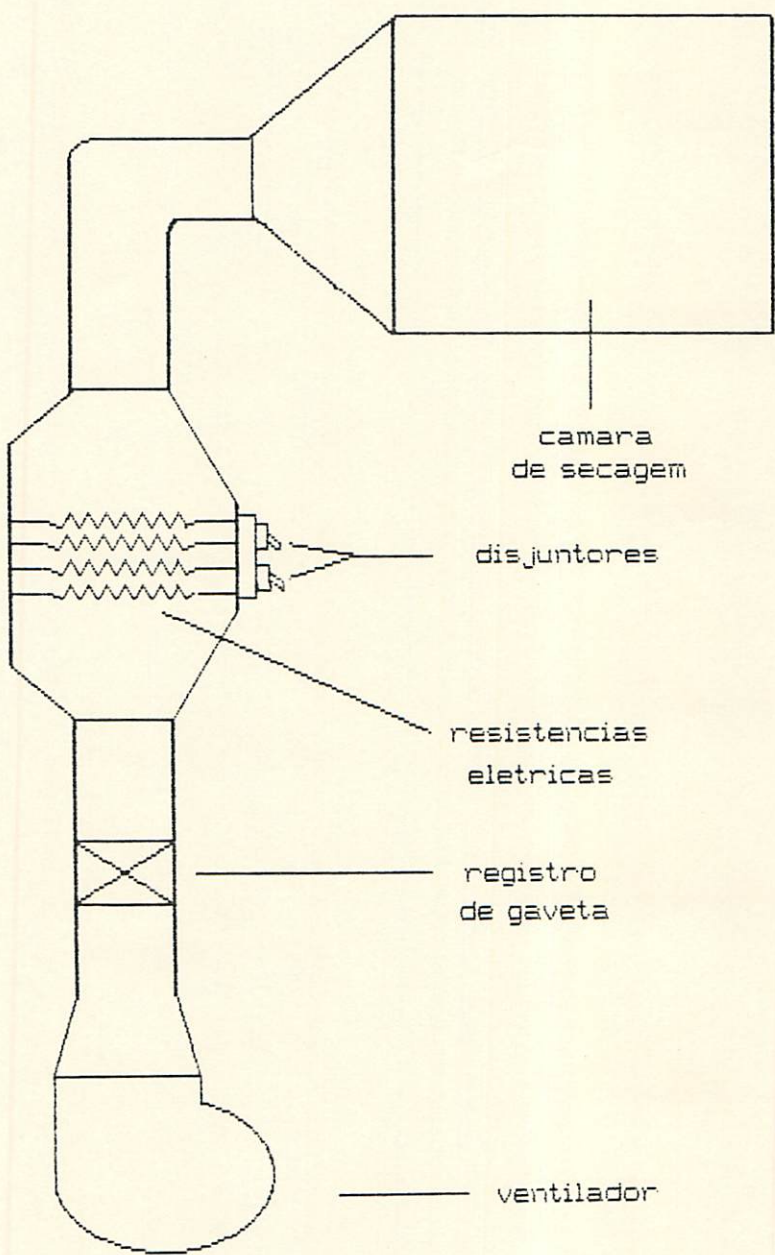
O fluxo do café nos secadores foi medido na saída da câmara de secagem com auxílio de um cronometro, em que era

marcado o tempo necessário para encher um recipiente. Após coletada a amostra e pesada, determinou-se o fluxo do café nos secadores em unidade de massa por unidade de tempo. Estes dados foram obtidos no início e durante o período de secagem.

### 3.3 Secador Experimental

O secador experimental utilizado conforme a Figura 6, é constituído de uma câmara de secagem, um conjunto de quatro resistências elétricas, sendo duas de 1500 watts e duas de 1000 watts, um registro de gaveta com função de regular o fluxo de ar quente e um ventilador movido por um motor de 5.0 cv. Das quatro resistências, três foram ligadas cada uma numa chave de contacto, conforme diagrama funcional (Figura 7).

A temperatura do ar de secagem foi controlada por meio de uma chave termostática NF (normalmente aberta), ligada em série com uma resistência de 1000 watts, comandada por um sensor de temperatura (termopar), instalado abaixo da tela da câmara de secagem. A chave termostática comanda uma chave magnética (contator  $K_1$ ), quando a temperatura diferencia do valor calibrado  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Este valor é calibrado através do chaveamento de um banco de resistências. O controle pode ser feito manual (através dos disjuntores) ou automático (através do sensor de temperatura).



**FIGURA 6** - Secador experimental com ventilador, registro de gaveta e resistências elétricas com termostato.

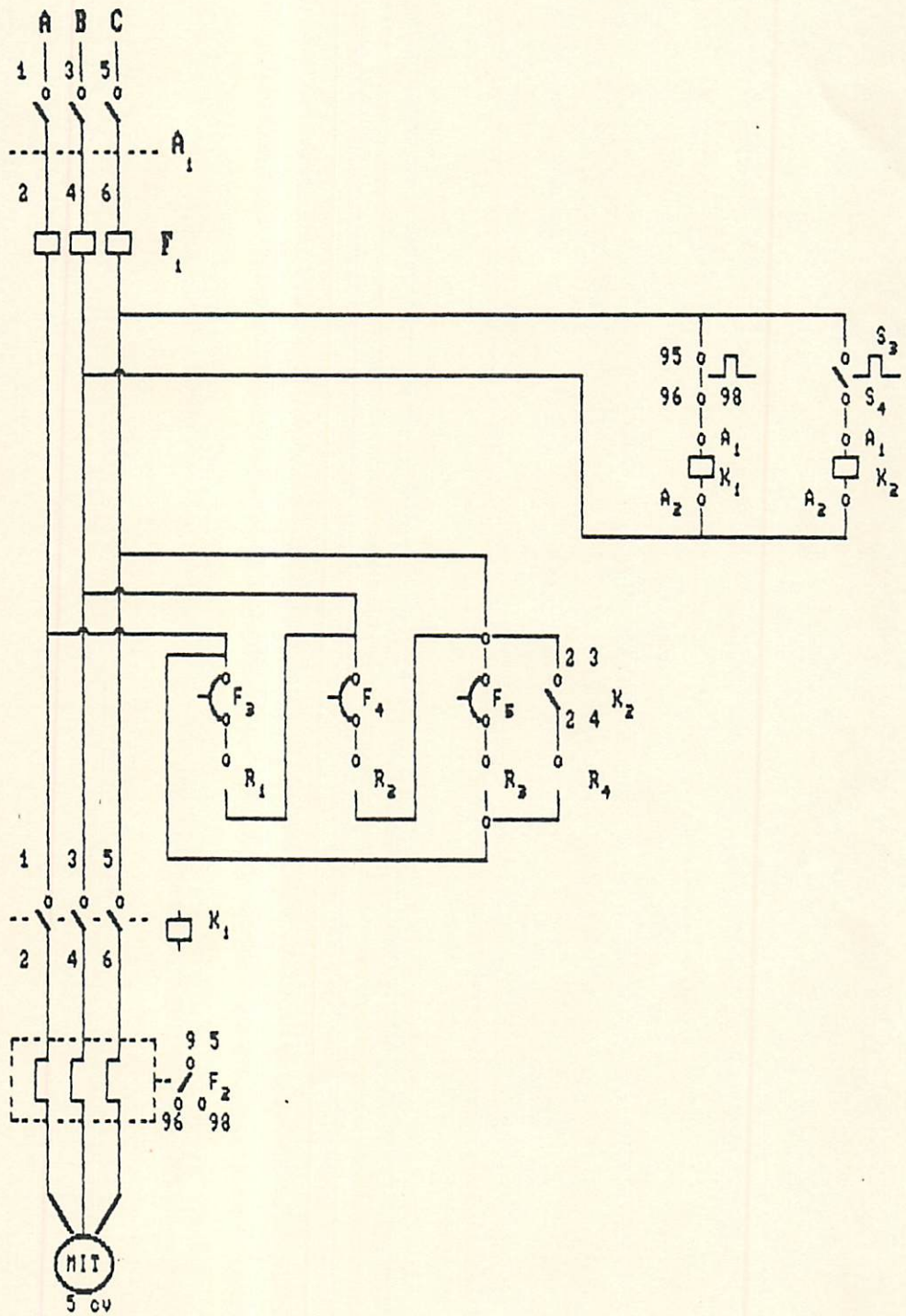


FIGURA 7 - Diagrama Funcional do CKT de Comando do Secador Experimental

- A<sub>1</sub> - chave corta - circuito
- F<sub>1</sub> - fusíveis ( proteção contra curto - circuito)
- F<sub>2</sub> - relé de sobrecarga
- R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> - resistência 33 / 1500 W
- R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> - resistência 48 / 1000 W
- F<sub>3</sub> - chave termostática
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> - bobina do contactor K<sub>1</sub> (chave magnética)
- F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>, F<sub>6</sub> - disjuntores (15 A)
- K<sub>2</sub> - contato principal (NF) do contato K<sub>1</sub>.

A câmara de secagem, foi construída de forma cilíndrica com dimensões de 0.37m de diâmetro por 0.50m de altura, com chapa de aço galvanizada de 2mm de espessura e fundo telado

### 3.3.1 Testes de Secagem

O café recém-colhido foi submetido a pré-secagem em terreiro, por tempo de 3 a 4 dias para reduzir o teor de umidade inicial a valores em torno de 30% bu. Antes de levar ao secador retirou-se amostras para determinação do teor de umidade.

Os testes de secagem foram realizados conforme a Tabela 1. Cada teste de secagem foi realizado com três repetições num total de 36 testes. Todos os testes foram efetuados com uma camada de 0.20m de espessura de massa do café. Após cada período de secagem pesou-se a câmara contendo o café. Os pesos dos frutos

TABELA 1 - Parâmetros utilizados na avaliação do secador experimental de camada fixa.

Período de Repouso (min)	Período de Secagem (min)		Fluxo de ar ( $\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{m}^{-2}$ )		
60	30	60	16,0	33,0	63,0
120	30	60	16,0	33,0	63,0

de café foram obtidos pela diferença do peso total menos o peso da câmara de secagem.

O repouso do café, foi realizado em uma caixa de madeira com divisorias. Após cada período de secagem e repouso efetuou-se a pesagem do café. Durante o período de repouso registrou-se a temperatura da massa do café.

### 3.3.2 Metodologia

Os teores de umidade do café durante o processo de secagem foram determinados utilizando-se a matéria seca e as pesagens do café.

As temperaturas de bulbo seco e úmido do ar de saída de secagem foram determinadas no final de cada período de

secagem, utilizando-se um termômetro de bulbo seco e úmido, próximo a camada de café.

As temperaturas e umidades relativas do ar, foram registradas por meio de um higrotermógrafo, instalado próximo ao local do secador experimental.

### 3.4 Análise dos Dados Experimentais

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial (3x2x2), com três repetições sendo três fluxo de ar de secagem (16,0, 33,0 e 63,0m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>) dois tempo de secagem (30 e 60 min), dois intervalos de repouso da massa de café ( 60 e 120 min) e uma temperatura do ar de secagem (70°C).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização das Dimensões dos Secadores Intermitentes de Fluxo Cruzado

As Figuras 8, 9 e 10 mostram as estruturas físicas interna dos secadores A, B, C, com suas dimensões. Através destas figuras, verificamos que há uma variação entre as estruturas físicas internas dos secadores, principalmente na câmara de secagem. Observando o secador A na Figura 8, verificamos que a coluna da câmara de secagem apresenta uma espessura de 0,15m em toda sua extensão. Já no secador B Figura 9 a coluna da câmara de secagem apresenta uma variação na faixa de 0,20 a 0,45m. O mesmo ocorre com o secador C Figura 10 porém a faixa de variação da coluna da câmara de secagem é de 0,15 a 0,30 m, possuindo ainda aberturas nas telas da câmara de secagem.

Na Tabela 2 pode-se visualizar as estruturas técnicas dos secadores. Através das dimensões foram calculadas os volumes nas câmaras de secagem e descanso, bem como a relação entre eles. Nota-se uma grande diferença entre o secador A em

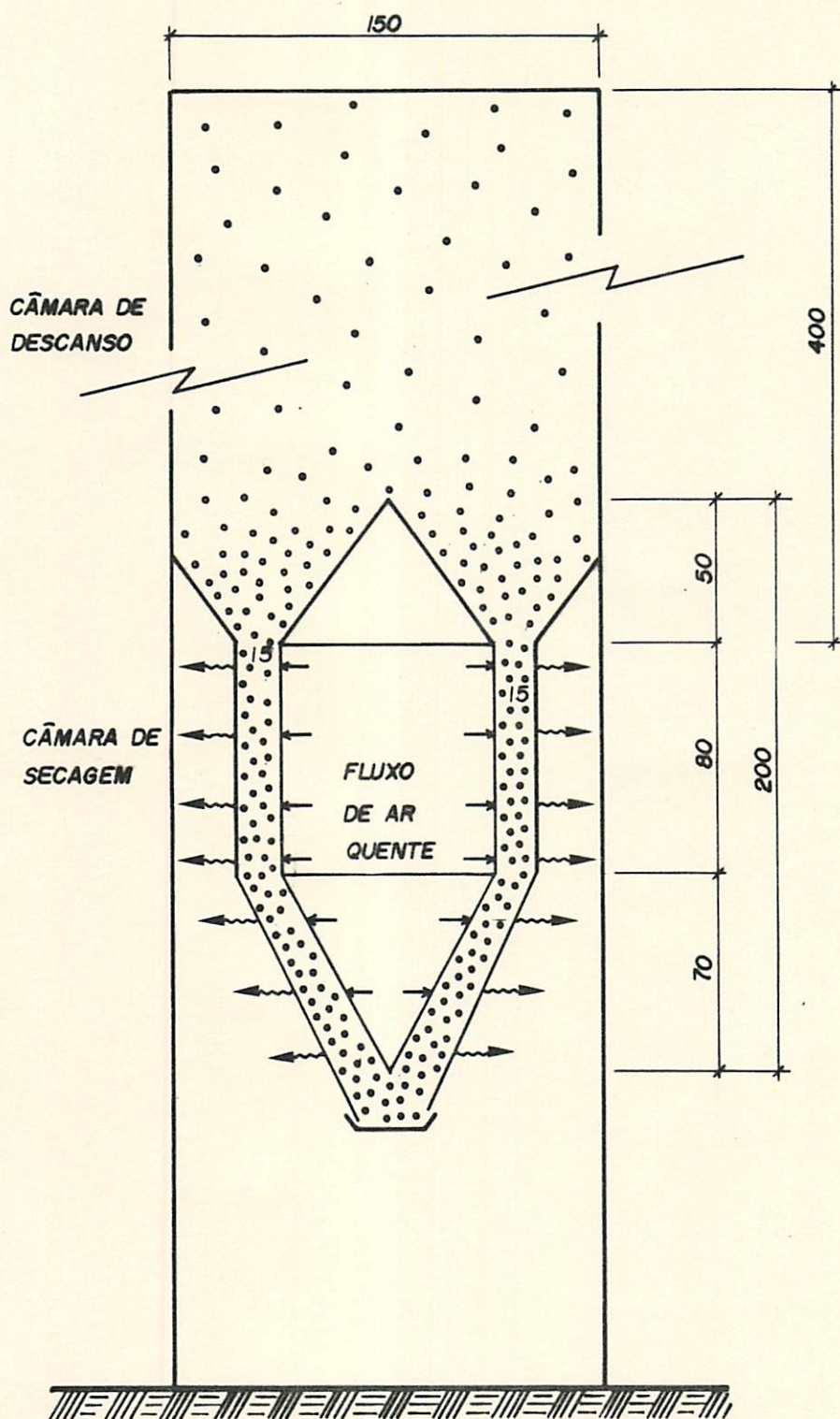


FIGURA 8 - Secador mecânico intermitente de fluxo cruzado A, com capacidade de 12000 litros.

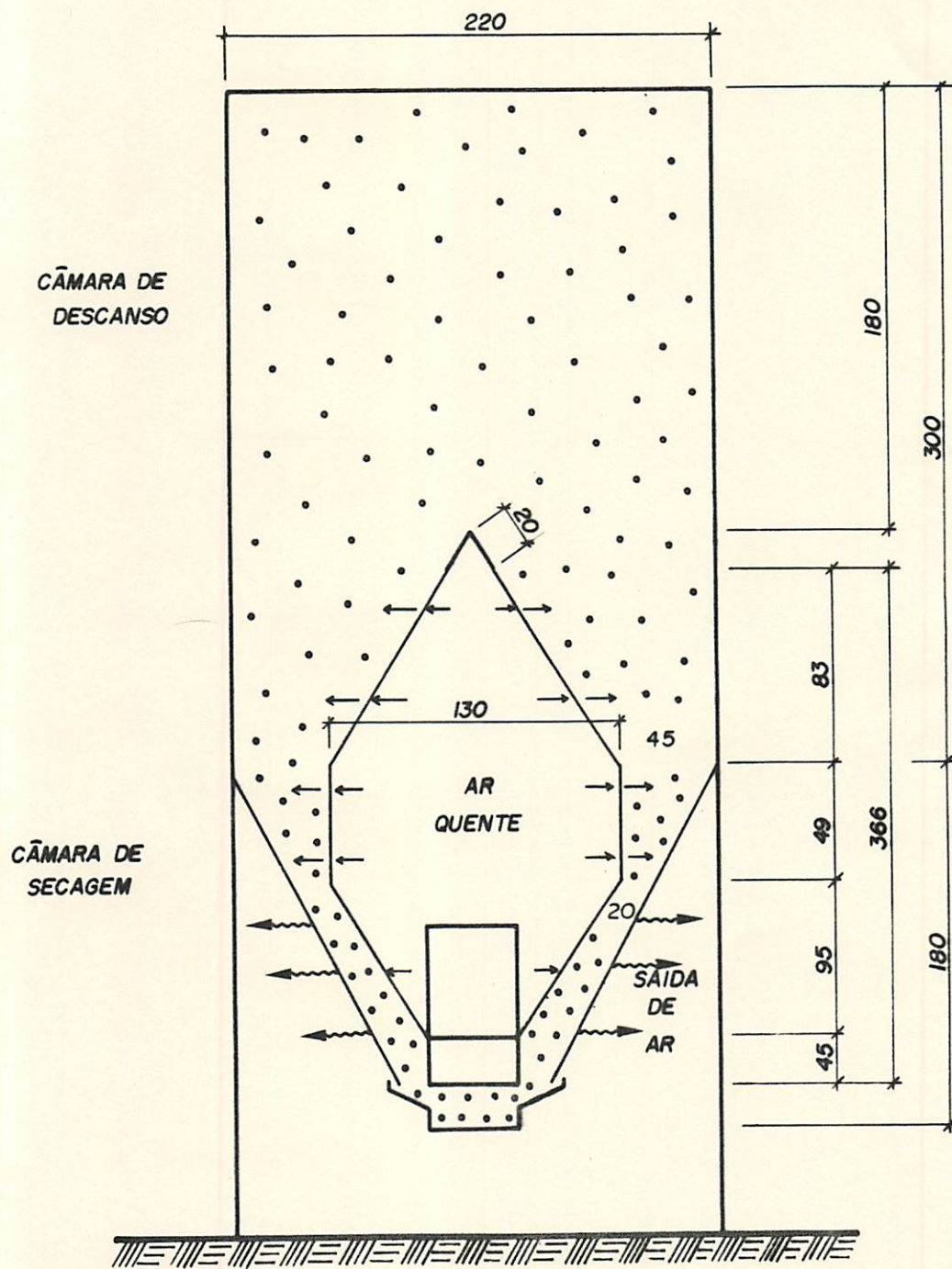


FIGURA 9 - Secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros.

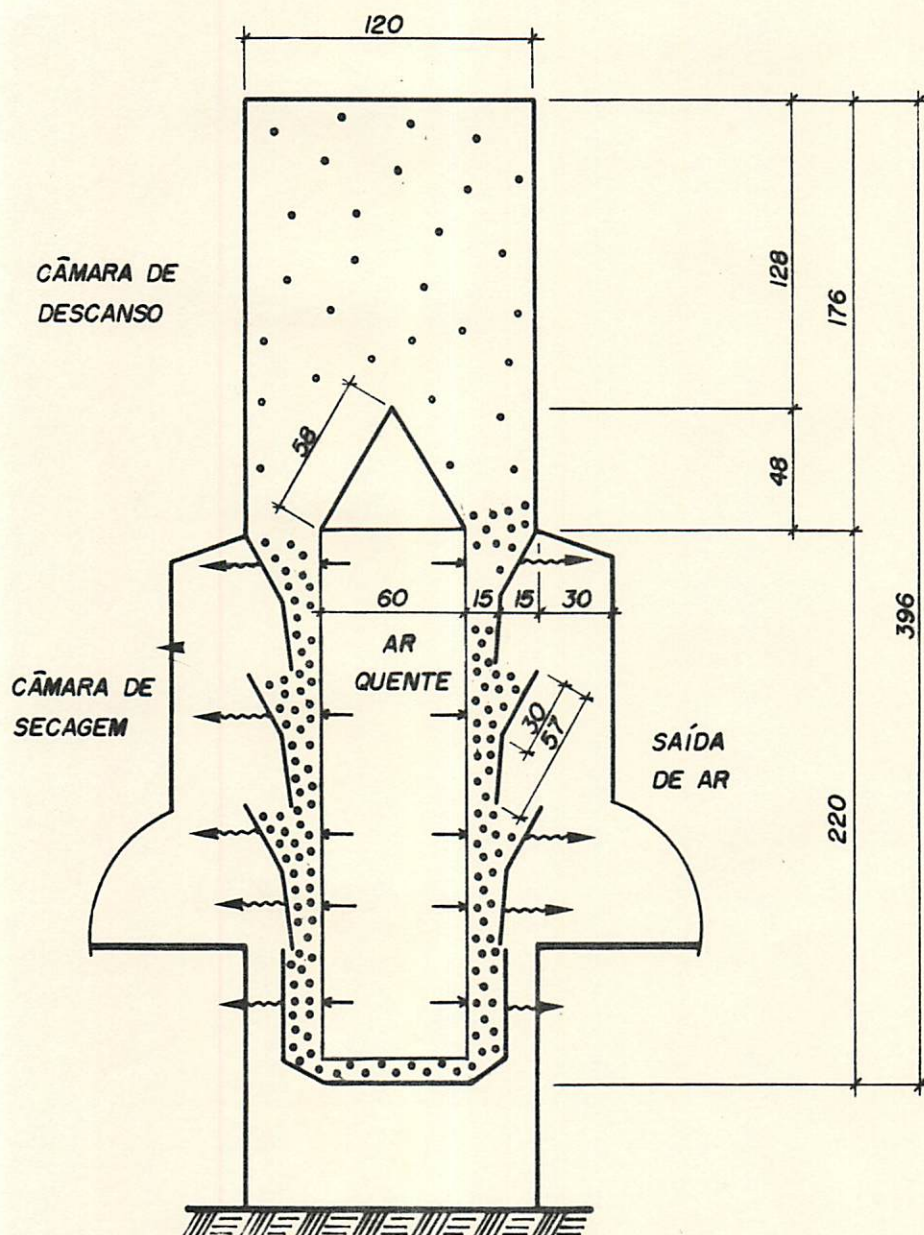


FIGURA 10 - Secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros.

relação aos outros, com apenas 7,8% do volume total do secador sendo ocupado pelo café que está secando, enquanto que nos secadores B e C, estes valores são de 28 e 25%, respectivamente.

**TABELA 2** - Estruturas técnicas dos Secadores mecânico intermitente de fluxos cruzado A, B, C, com capacidade de 12000 litros

Características	Secadores		
	A	B	C
Volume da câmara de secagem (m <sup>3</sup> )	0,930	3,360	2,980
Volume da câmara de descanso (m <sup>3</sup> )	11,070	8,640	9,020
Relação volume da câmara de secagem/descanso	0,084	0,390	0,310

Na Tabela 3 pode-se observar as características técnicas dos secadores mecânico intermitente de fluxo cruzado. Com estas características técnicas o peso total do café na câmara de secagem e descanso foi calculado pelos volumes destes compartimentos e a densidade dos grãos. Através dos pesos e dos fluxos foram determinados os tempos de circulação e de permanência nas câmaras (Tabela 3). Novamente podemos visualizar a diferença entre o secador A em relação aos secadores B e C. No secador A cada minuto de secagem corresponde a 12 minutos de descanso, enquanto que nos secadores B e C estes valores são, 2,5 e 3,0 respectivamente. Assim, no secador A o café se movimentam mais rapidamente, e se repousam por muito menos tempo.

Os dados obtidos durante os testes experimentais são apresentados nas Tabelas 4 a 9. Pelas curvas de secagem (Figuras 11 a 13) podemos observar a evolução da secagem nos secadores, desde a umidade inicial, até a umidade final de armazenagem. Na Tabela 10, observa-se os valores médios dos dados de secagem.

Além das características dos secadores serem diferentes, a matéria-prima e o manuseio destes se diferem entre produtores e para um mesmo produtor durante a colheita. Com isto fica difícil estabelecer como objetivo deste trabalho, uma comparação dos secadores.

Nota-se, pelos dados das tabelas, uma variação no controle das temperaturas, pela utilização de fornalhas a lenha, com temperaturas variando de 40 a 80°C entre os secadores, ou até

TABELA 3 - Características técnicas dos Secadores mecânico intermitente de fluxos cruzado A, B, C, com capacidade de 12000 litros

Características	Secadores		
	A	B	C
Peso total do café na câmara de secagem (kg)	487,468	1397,692	1577,880
Peso total do café na câmara de descanso (kg)	5802,451	3594,067	4776,000
velocidade do ar ( $m.s^{-1}$ )	10,0	18,0	12,0
Fluxo dos grãos de café no secador ( $kg.min^{-1}$ )	114,440	34,220	37,800
Densidade aparente ( $kg.m^{-3}$ )	524,16	415,98	529,49
Tempo de circulação (min)	55,0	146,0	168,0
Tempo na câmara de secagem (min)	4,0	41,0	42,0
Tempo na câmara de descanso (min)	51,0	105,0	126,0

TABELA 4 - Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado A, com capacidade de 12000 litros.

tempo de secagem hs acumuladas	teor de umidade (%bu.)	temperatura entrada (°C)	temperatura massa (°C)	cond. ambiente temp. (°C)	ambiente UR (%)
0	44,0	18	18	18,5	70
2	43,0	40	28	19	56
4	42,0	42	28	21,5	44
6	42,2	44	30	20,5	44
8	42,4	44	28	18	54
10	41,4	40	28	16,5	78
12	39,0	40	36	15,5	92
14	38,1	46	36	15	92
16	38,0	40	36	15	76
18	35,8	40	38	14,5	84
20	34,0	40	36	14	86
22	33,0	48	36	15	92
24	30,5	50	30	19	54
26	29,7	56	30	17,5	38
28	28,2	54	30	25	30
30	27,4	52	34	19	26
32	25,9	50	36	21,5	36
paralização do secador - 14 hs					
46	24,0	18	20	14	92
48	24,3	42	36	19,5	60
50	24,0	42	33	23	32
52	23,0	48	35	24	26
54	22,0	48	33	24	24
56	20,0	50	35	20,5	32
57	20,0	50	32	19	38
paralização do secador - 12 hs e 30 mim					
69,5	19,4	18	25	11,5	38
71,5	18,1	40	33	17	70
73,5	18,0	44	35	21,5	30
75,5	16,5	40	33	22,5	22
77,5	16,2	44	36	22,5	22
79,5	16,0	40	38	21	24
81	14,0	50	38	17,5	34
paralização do secador - 12 hs					
93	14,0	18	26	11	94
95	14,0	60	34	15	94
96	13,0	50	36	17	64

OBS.: total de horas - 96 hs

total de horas de secagem - 57 hs 30 min

TABELA 5 - Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 1.

tempo de secagem hs acumuladas	teor de umidade (%bu.)	temperatura entrada (°C)	temperatura massa (°C)	cond. ambiente temp. (°C)	UR (%)
0	37,3	30	20	11	92
2	38,5	56	26	17	50
4	37,0	55	28	21,5	30
6	35,3	56	29	23	28
8	35,0	60	32	22,5	28
8.5	33,0	50	32	22,5	29
paralização do secador - 15 hs 30 mim					
24	33,4	20	20	13,5	92
26	30,4	76	32	18	68
28	30,0	78	36	22	36
30	25,5	78	37	23	34
32	24,0	72	39	23	28
32,5	23,0	58	39	23	26
paralização do secador - 15 hs 30 mim					
48	21,3	15	15	12	92
50	18,4	70	34	18	72
52	16,2	80	42	21	40
54	14,3	78	44	22,5	28
56	12,0	74	48	22,5	26
56,5	11,3	62	48	22,5	26

OBS.: total de horas - 56 hs 30 mim  
total de horas de secagem - 25 hs 30 mim

TABELA 6 - Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 2.

tempo de secagem hs acumuladas	teor de umidade (%bu.)	temperatura entrada (°C)	temperatura massa (°C)	cond. temp. ambiente (°C)	UR (%)
0	33,0	20	20	17	90
2	32,0	64	30	21	44
4	25,0	72	38	22	26
6	23,4	60	40	24	26
8	20,4	60	40	22	28
10	21,0	60	40	17	44
paralização do secador - 12 hs					
22	18,4	20	20	12	92
24	18,3	66	36	17	68
26	16,0	70	44	22	42
28	13,3	60	44	23	30
30	12,5	60	46	24	26
33	11,4	50	46	24	26
paralização do secador - 15 hs					
48	12,0	20	20	11,5	92
50	10,0	50	44	16	80

OBS.: total de horas - 50 hs

total de horas de secagem - 23 hs

TABELA 7 - Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros, secagem nº 1.

tempo de secagem hs acumuladas	teor de umidade (%bu.)	temperatura entrada (°C)	temperatura massa (°C)	cond. ambiente temp. (°C)	UR (%)
0	34,5	20	19	22	50
2	32,0	45	24	25	38
4	30,1	35	25	26	30
5	29,0	40	26	25,5	30
paralização do secador - 15 hs					
20	28,4	24	20	16	96
22	27,5	40	24	20	68
24	27,0	40	27	24	46
26	27,0	48	28	27	30
28	26,4	42	28	26	27
29	25,0	55	29	27	24
paralização do secador - 15.5 hs					
44,5	23,3	25	20	16,5	94
46,5	23,0	60	25	20	70
48,5	21,0	47	30	23,5	46
50,5	19,0	50	31	25	42
52,5	17,2	51	33	25	38
paralização do secador - 14.5 hs					
67	16,1	25	19	17	94
69	15,4	57	28	21	60
71	13,3	60	35	21,5	46
73	12,0	50	38	21,5	50
74	11,4	45	39	21,8	48

OBS.: total de horas - 74 hs  
total de horas de secagem - 29 hs

TABELA 8 - Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros, secagem n° 2.

tempo de secagem hs acumuladas	teor de umidade (%bu.)	temperatura entrada (°C)	temperatura massa (°C)	cond. ambiente temp. (°C)	ambiente UR (%)
0	43,3	20	18	20	56
2	40,0	60	22	20,5	58
4	39,1	57	25	21	50
6	39,0	55	23	19	62
8	38,0	25	25	16	84
paralização do secador - 11 hs					
19	35,0	20	18	14	94
21	34,0	55	25	15	94
23	35,4	55	25	17	84
25	32,1	50	26	18	76
27	32,4	70	28	19	66
29	31,2	50	28	20	54
31	28,4	50	30	19	60
paralização do secador - 18 hs					
49	27,1	20	18	22	40
51	28,0	57	26	22,5	36
53	25,1	55	26	23	30
55	23,1	55	23	19,5	40
57	22,0	55	26	17	54
59	21,2	60	25	15	66
paralização do secador - 7 hs 30 mim					
66,5	19,2	20	26	12,5	94
68,5	18,0	69	30	13	94
70,5	18,0	60	30	18	66
72,5	17,0	65	35	19	50
74,5	15,4	72	40	22,5	34
76,5	14,0	72	40	23	32
78,5	12,5	68	42	21	34
79,5	12,0	50	42	20	36

OBS.: total de horas - 79 hs 30 mim  
total de horas de secagem - 43 hs

TABELA 9 - Dados de secagem de café do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros, secagem n°3.

tempo de secagem hs acumuladas	teor de umidade (%bu.)	temperatura entrada (°C)	temperatura massa (°C)	cond. ambiente temp. (°C)	UR (%)
0	48,0	20	18	20	58
2	47,0	60	18	24,5	40
4	45,5	65	30	24,5	40
6	42,0	50	30	27	32
8	41,2	50	26	23	40
10	43,0	45	30	20,5	46
11	39,0	40	30	20	50
paralização do secador - 9 hs					
20	39,0	25	20	13,5	94
22	39,4	54	28	17	86
24	38,0	47	26	23	48
26	36,2	65	30	26	34
28	34,0	65	30	26,5	30
30	32,0	60	28	25,5	32
32	31,0	60	30	23,5	36
34	28,2	50	32	20,5	44
paralização do secador - 10 hs					
44	28,1	25	18	13,5	94
46	28,0	60	26	17	94
48	25,1	55	26	22	56
50	23,0	62	30	26	36
52	23,2	50	28	25,5	32
54	20,0	70	32	26	30
56	19,0	50	30	24	36
paralização do secador - 12 hs					
68	17,4	24	20	13,5	94
70	17,0	60	26	17,5	94
72	16,2	55	30	22,5	54
74	15,3	62	32	26,5	34
76	13,3	67	36	28	30
78	12,3	55	40	28	30
80	11,1	48	40	26	36

OBS.: total de horas - 80 hs  
total de horas de secagem - 49 hs

no mesmo secador. Em média, esta variação entre os secadores é muito grande, como podemos ver na Tabela 10, de 45 a 66°C. Apesar disso, tem-se que as temperaturas na massa raramente ultrapassaram o valor de 45°C, recomendado para não prejudicar a qualidade do café. Além destas temperaturas variáveis durante a secagem, temperaturas tão baixas como 40 a 50°C, registradas muitas vezes, não justificam neste tipo de secador.

O teor de umidade inicial também é muito variável, de 30 a 48%, apesar de que em todos os processos utilizou-se cafés de lavadores e com pré-secagem em terreiro. Tem-se o cuidado, também, de secar até a umidade final recomendada entre 11 e 13%.

O tempo de secagem, conseqüentemente, também é bastante variável, de 50 a 96 horas totais de utilização do secador (Tabela 10). Apesar de existir um período de repouso no próprio secador, os processos de secagem são intercalados com período de paralização do secador (repouso à noite), variando de 27 a 45 horas, e com proporções de 38 a 60% do tempo total de utilização do secador. Se dividirmos o tempo total de secagem pelo tempo de circulação do café (Tabela 3) vamos encontrar que no secador A o café dá 63 voltas, no B 10 voltas e no C 17 voltas.

Nas curvas de secagem (Figuras 11 a 13) as linhas não pontilhadas correspondem aos tempos de repouso a noite nos secadores. Estas curvas dão uma idéia do comportamento do grão no

TABELA 10 - Valores médios dos testes de secagem dos secadores intermitente de fluxo cruzado A, B, C, com capacidade de 12000 litros

	Secadores					
	A	B		C		
	1	1	2	1	2	3
Temperatura de entrada (oC)	45,8	66,9	61,1	47,8	57,5	56,2
Temperatura da massa (oC)	33,6	36,4	40,7	28,4	29,2	29,8
Umidade inicial (%)	44,0	37,3	33,0	34,5	43,3	48,0
Umidade final (%)	13,0	11,3	10,0	11,4	12,0	11,1
Tempo total secagem (h)	57,5	25,5	23,0	29,0	43,0	49,0
Tempo na câmara de secagem (h)	4,2	7,2	6,4	7,3	10,6	12,3
Tempo na câmara de descanso (h)	53,3	18,3	16,0	21,7	32,4	36,7
Tempo de repouso a noite secador (h)	38,5	31,0	27,0	45,0	36,5	31,0
Tempo total no secador (h)	96,0	56,5	50,0	74,0	79,5	80,0

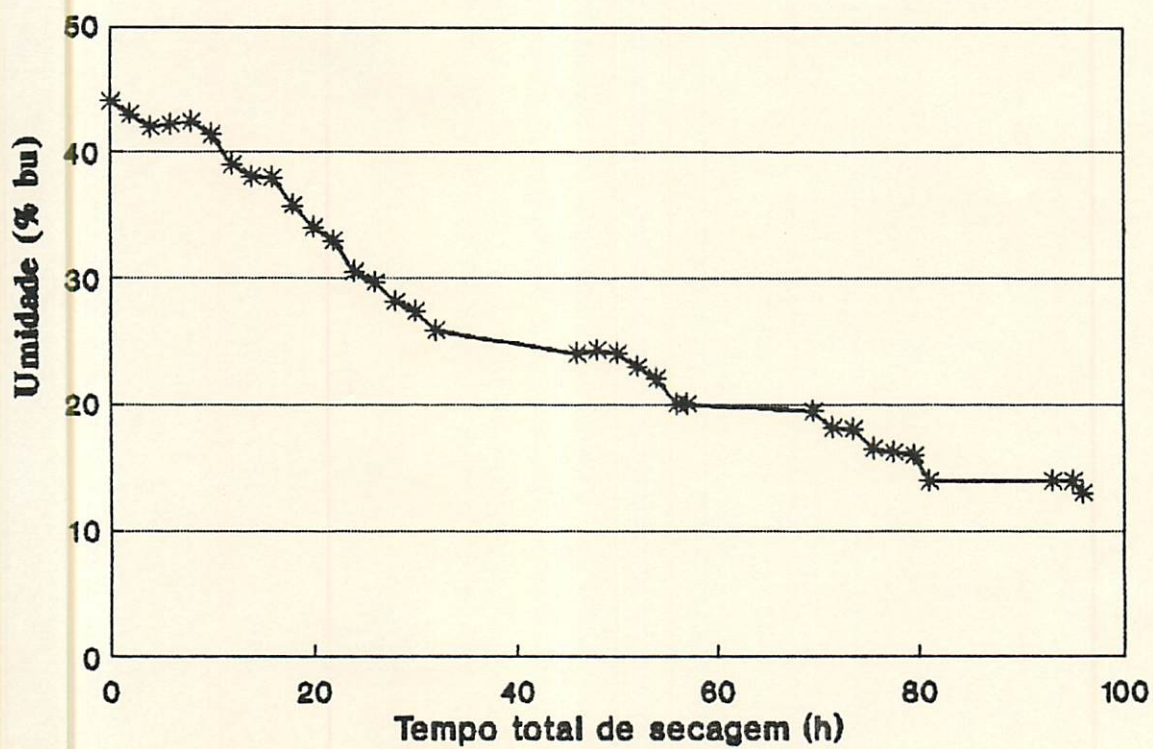


FIGURA 11 - Curva de secagem do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado A, com capacidade de 12000 litros.

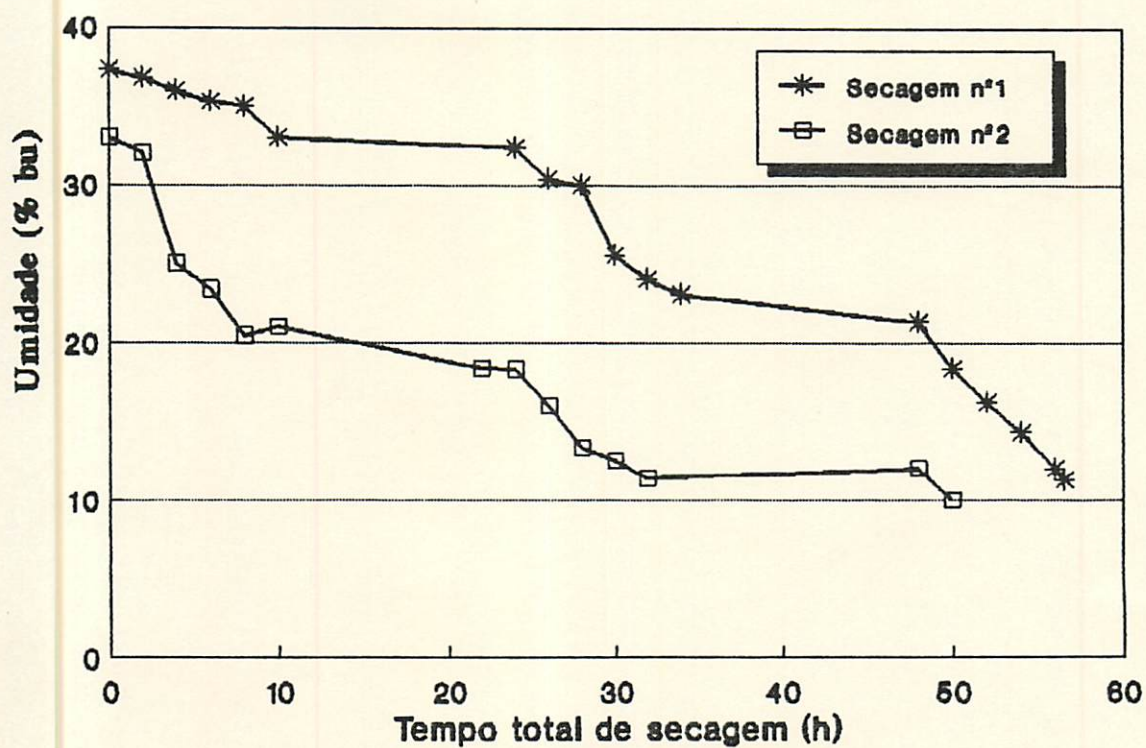


FIGURA 12 - Curvas de secagem do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado B, com capacidade de 12000 litros.

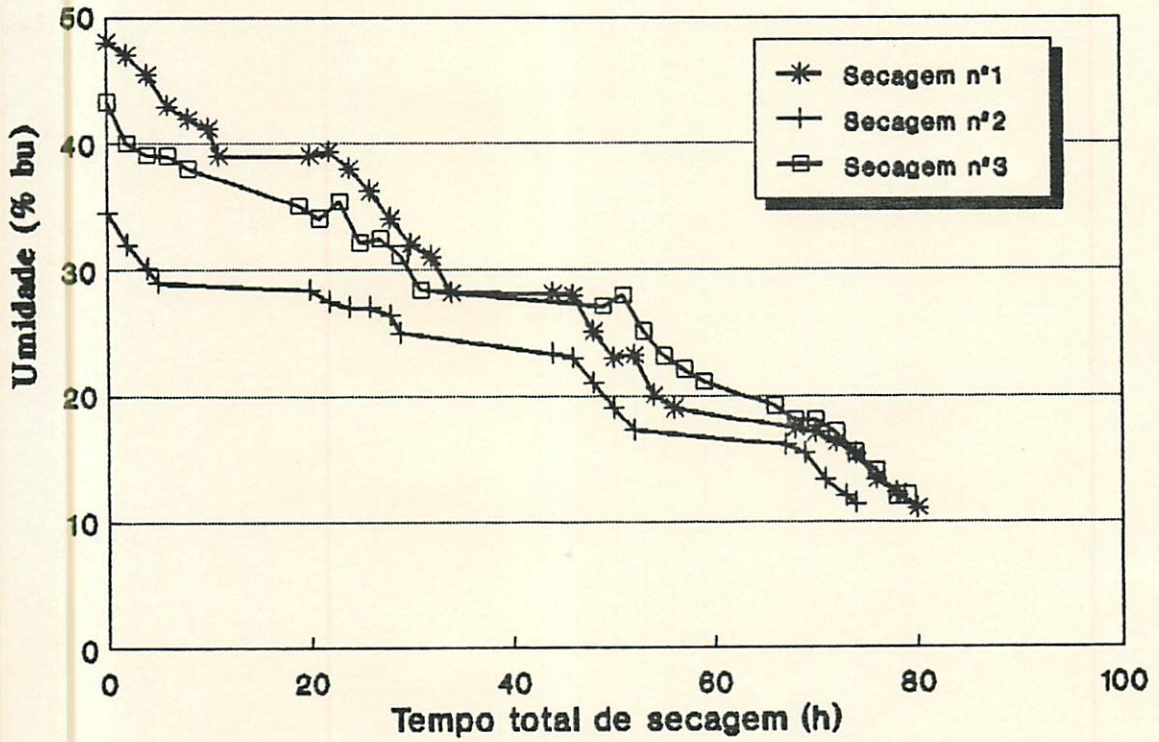


FIGURA 13 - Curvas de secagem do secador mecânico intermitente de fluxo cruzado C, com capacidade de 12000 litros

secador. Observando as curvas do secador B (Figura 12) e C (Figura 13), onde houveram repetições, elas parecem caracterizar o secador, sendo um resultado bastante favorável, para trabalhos futuros de uma análise mais completa destes secadores.

#### 4.2 Secagem Intermitente no Secador de Camada Fixa

Os secadores anteriormente analisados se caracterizam por serem intermitentes, porém com contínua circulação do produto. Requerem na sua construção um conjunto de equipamentos e dispositivos como motores, correias, ventiladores, elevadores, roscas etc, que o tornam de alto custo e difícil operação.

##### 4.2.1 Tempo Total de Secagem de Café no Secador de Camada Fixa

Os dados referentes a todos os testes realizados encontram-se nas tabelas 3 a 14 do Apêndice.

Na Tabela 1 do Apêndice, podemos verificar o resumo da análise de variância dos dados referente ao tempo total de secagem dos frutos de café no secador experimental, em que mostra os efeitos significativos, ao nível de 1% de probabilidade, do fluxo de ar, o período de repouso e secagem, bem como a interação desses fatores.

Verificando-se a Tabela 11 e Figura 14, observa-se um efeito maior do fluxo de ar em diminuir o tempo total de secagem, quando se utilizou o período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 minutos. Com período de secagem de 60 minutos e tempo de repouso de 120 minutos não houve diferença significativas no tempo total de secagem (Figura 17). Para os outros experimentos (Tabela 11 e Figuras 15 e 16) só houve diferença para o fluxos de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , não havendo diferença nos fluxos de  $33,0$  e  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ .

**TABELA 11** - Médias do tempo total de secagem de café (horas), em função do fluxo de ar para o período de repouso e secagem, do secador experimental de camada fixa.

Fluxo de Ar ( $\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ )	Período de Repouso (min)	Período de Secagem (min)	
		30	60
16,0	60	18,00 c	12,67 b
33,0	60	12,00 b	9,33 a
63,0	60	9,00 a	8,67 a
16,0	120	20,83 b	14,00 a
33,0	120	15,00 a	15,00 a
63,0	120	15,00 a	15,00 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

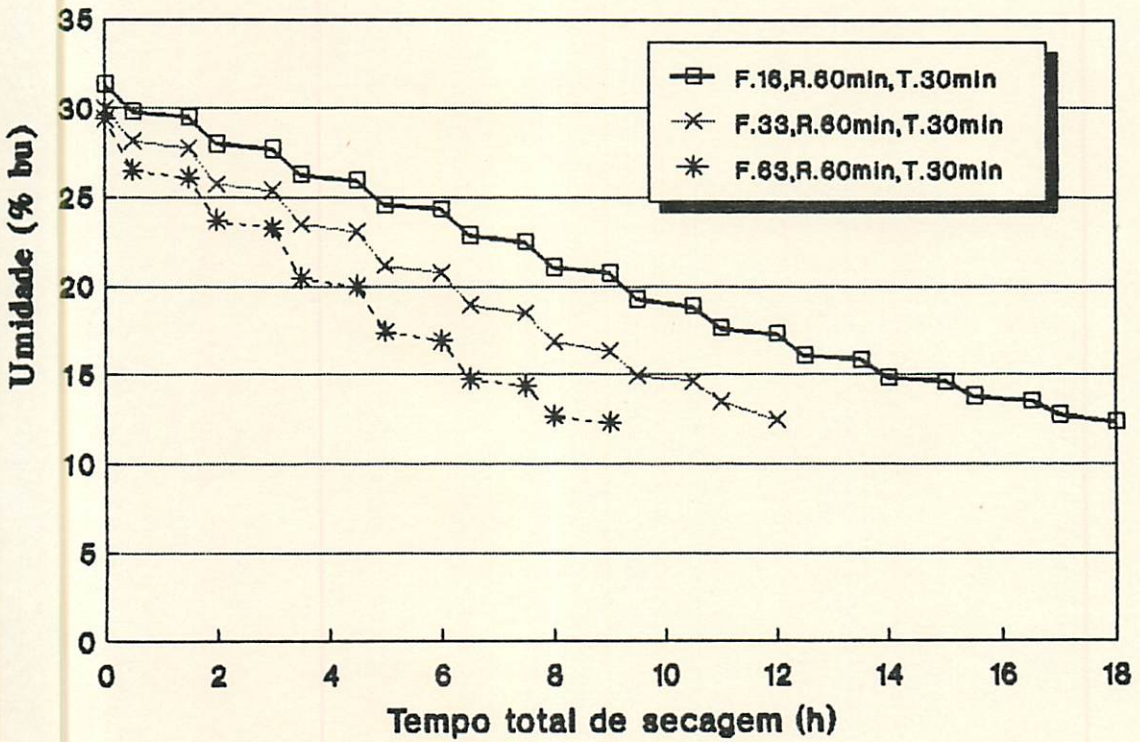


FIGURA 14 - Curvas de secagem do café, para os fluxos de ar de 16,0, 33,0 e 63,0m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 minutos em secador experimental de camada fixa.

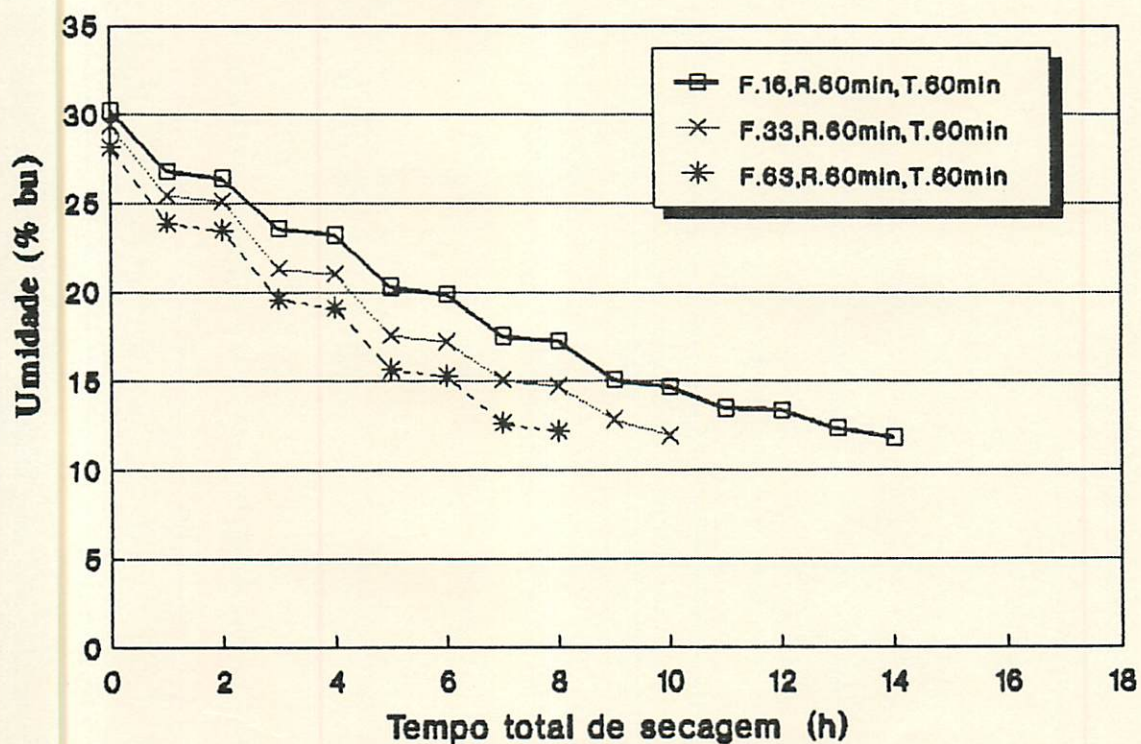


FIGURA 15 - Curvas de secagem do café, para os fluxos de ar de 16,0, 33,0, 63,0  $m^3 \cdot min^{-1} \cdot m^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

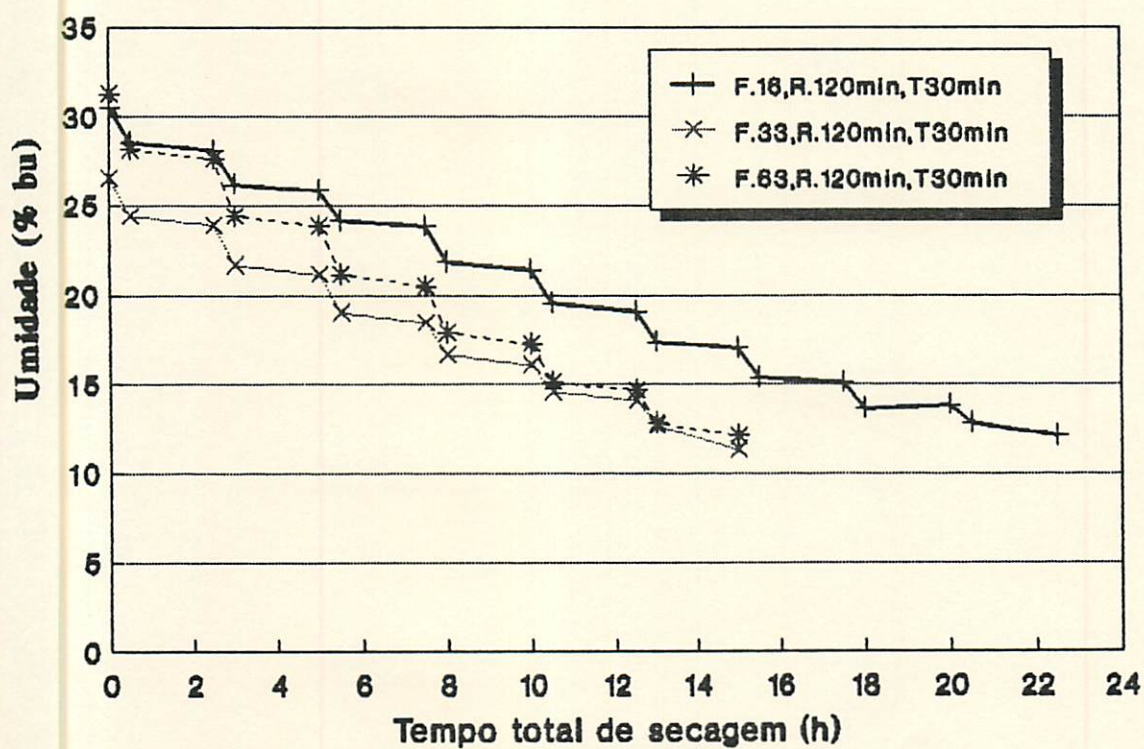


FIGURA 16 - Curvas de secagem do café, para os fluxos de 16,0, 33,0 e 63,0  $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e período de secagem 30 minutos em secador experimental de camada fixa.

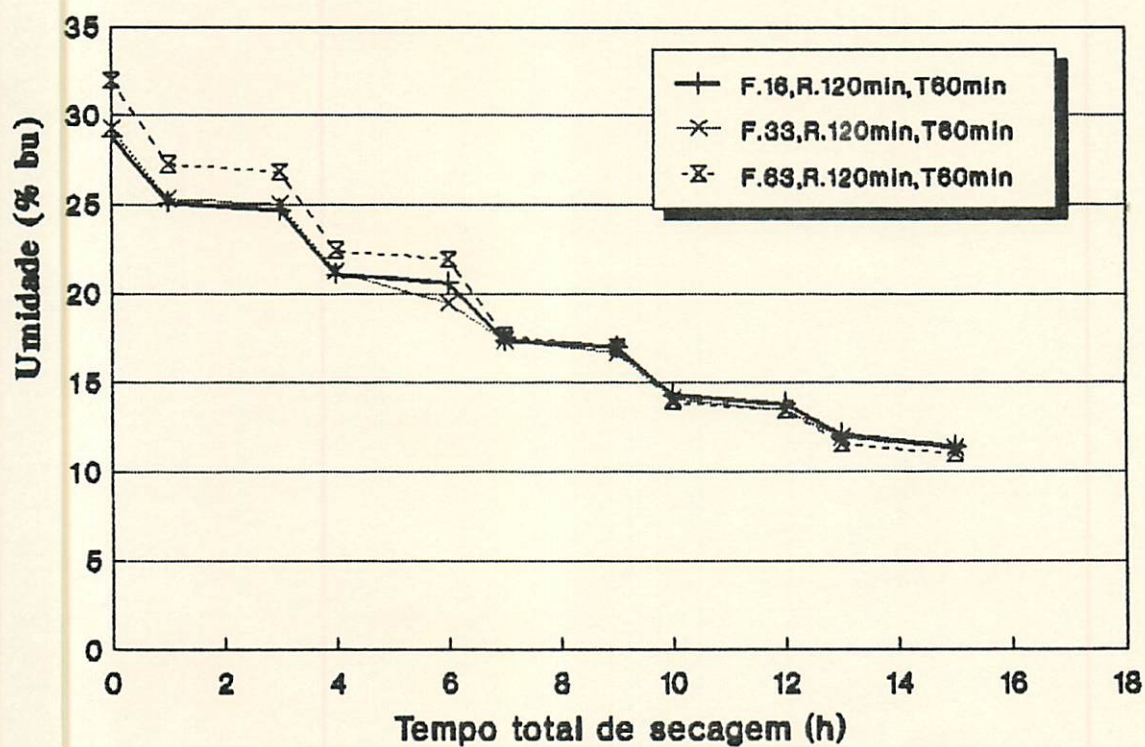


FIGURA 17 - Curvas de secagem do café, para os fluxos de 16,0, 33,0 e 63,0 m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, período de repouso de 120 minutos e período de secagem de 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

A Tabela 12 e as Figuras de 18 a 23 mostram o efeito do período de repouso e secagem no tempo total de secagem. À excessão do período de secagem de 60 minutos e fluxo de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , o tempo total de secagem aumentou com aumento do período de repouso. Quando aumentou-se o período de secagem o tempo total médio de secagem diminuiu no fluxo de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , para qualquer período de repouso. Já no fluxo de  $33,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$  somente ocorreu no período de repouso de 60 minutos. Nos outros testes não houve diferença.

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 11 e 12 podemos observar que aumentando-se o fluxo de ar com menor período de repouso diminui-se o tempo de secagem, independente do período de secagem. Assim, com os fluxos de ar maiores utilizando-se menor tempo de secagem e menor período de repouso, aumenta-se o parcelamento da secagem, diminuindo-se o tempo total, conforme foi também verificado por Rigitano et al. (1964).

#### 4.2.2 Tempo de Secagem de Café no Secador de Camada Fixa

O tempo de secagem, propriamente dita, refere-se ao tempo que o café permanece no secador.

Através da Tabela 2 do Apêndice , obtem-se o resumo da análise de variância dos dados referente ao tempo de secagem

TABELA 12 - Médias do tempo total de secagem de café (horas), em função do período de repouso e secagem, do secador experimental de camada fixa.

Fluxo de Ar ( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Período de Repouso (min)	Período de Secagem (min)	
		30	60
16,0	60	18,00 a B	12,67 a A
	120	20,83 b B	14,00 a A
33,0	60	12,00 a B	9,33 a A
	120	15,00 b A	15,00 b A
63,0	60	9,00 a A	8,67 a A
	120	15,00 b A	15,00 b A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, para cada período de secagem, seguidas da mesma letra minúscula, para cada período de repouso, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

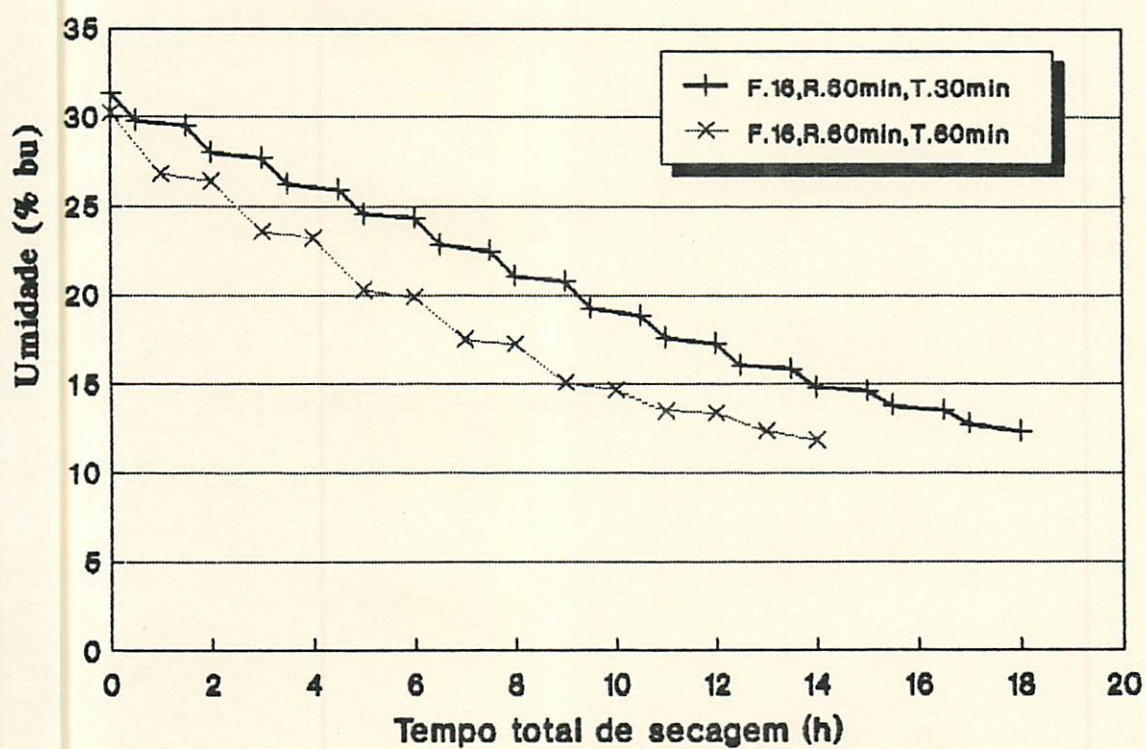


FIGURA 18 - Curvas de secagem do café, para o fluxo de ar de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

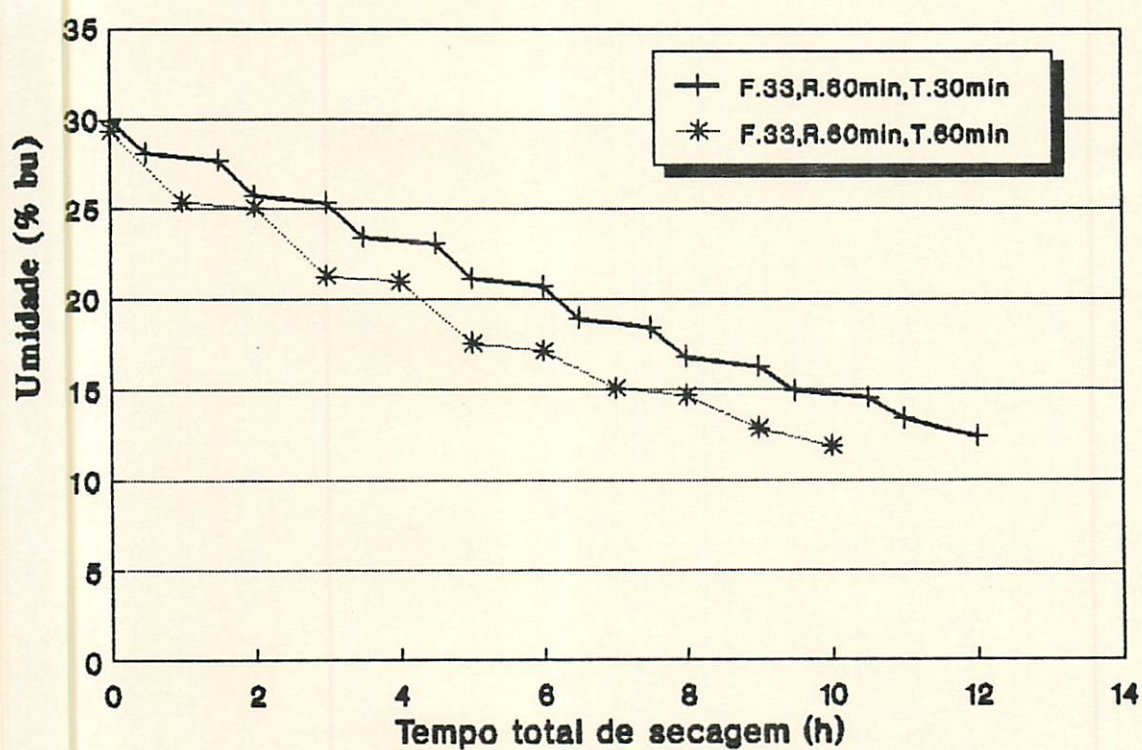


FIGURA 19 - Curvas de secagem do café, para o fluxo de ar de  $33,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e período de secagem de 30 e 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

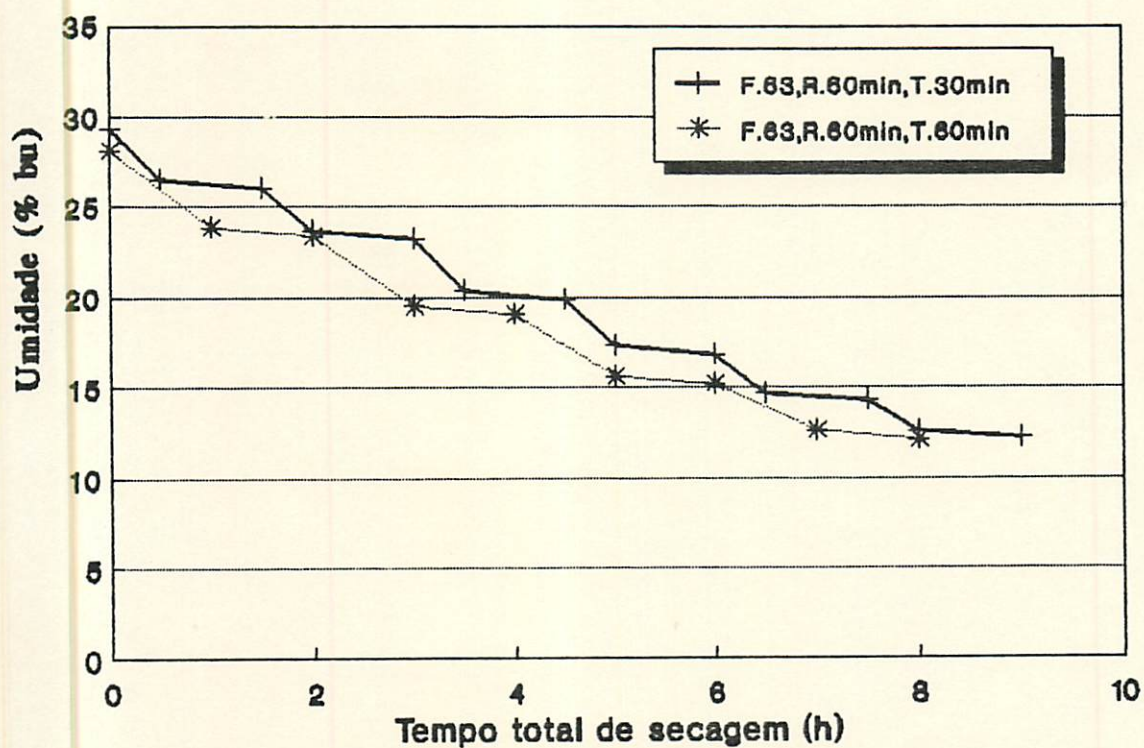


FIGURA 20 - Curvas de secagem do café, para o fluxo de ar de  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 60 minutos e períodos de secagem de 30 e 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

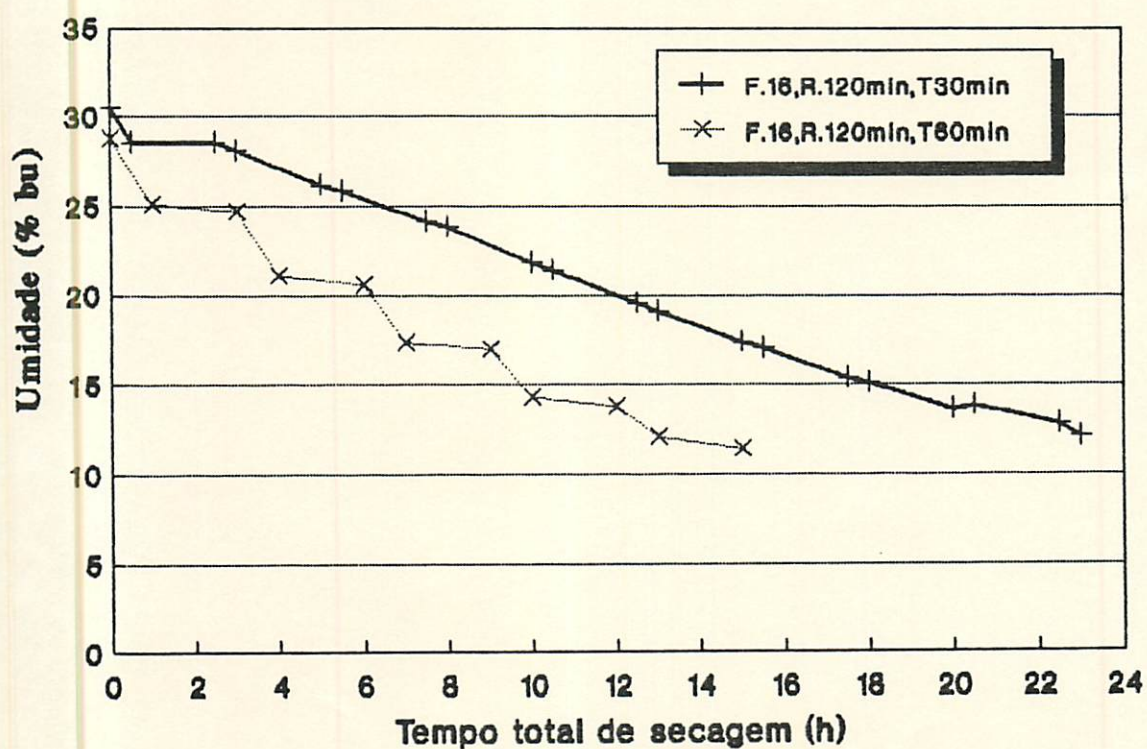


FIGURA 21 - Curvas de secagem do café, para o fluxo de ar de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e períodos de secagem de 30 e 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

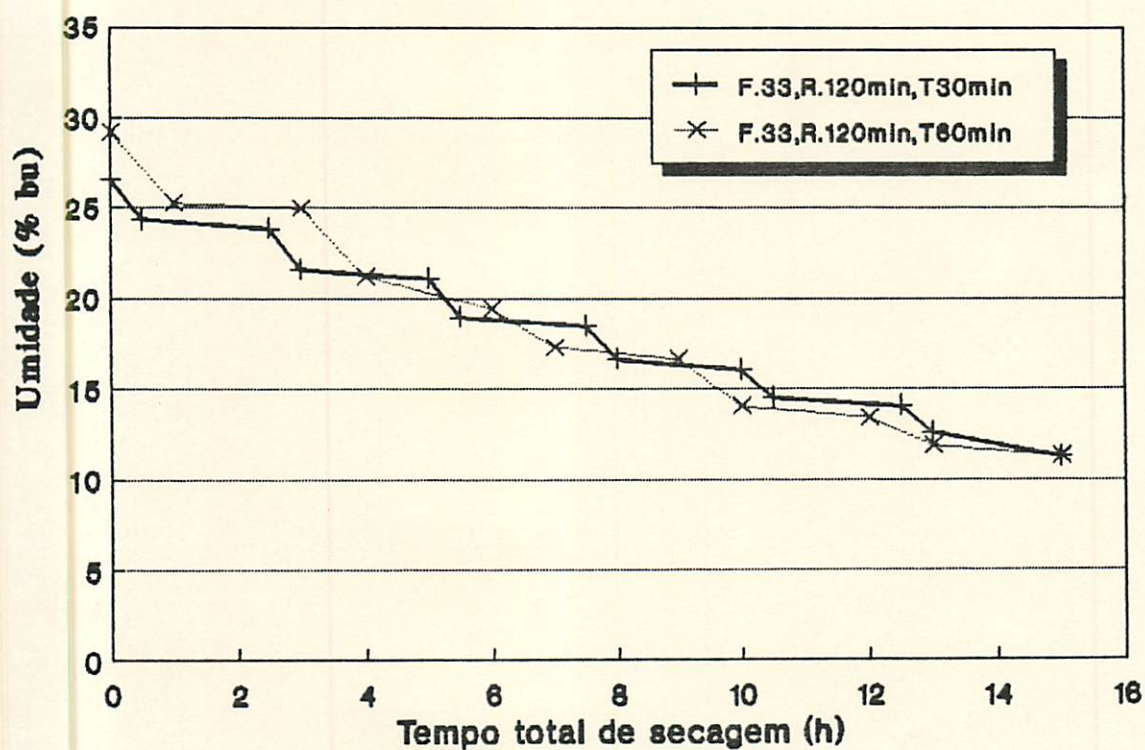


FIGURA 22 - Curvas de secagem do café, para o fluxo de ar de  $33,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e períodos de secagem de 30 e 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

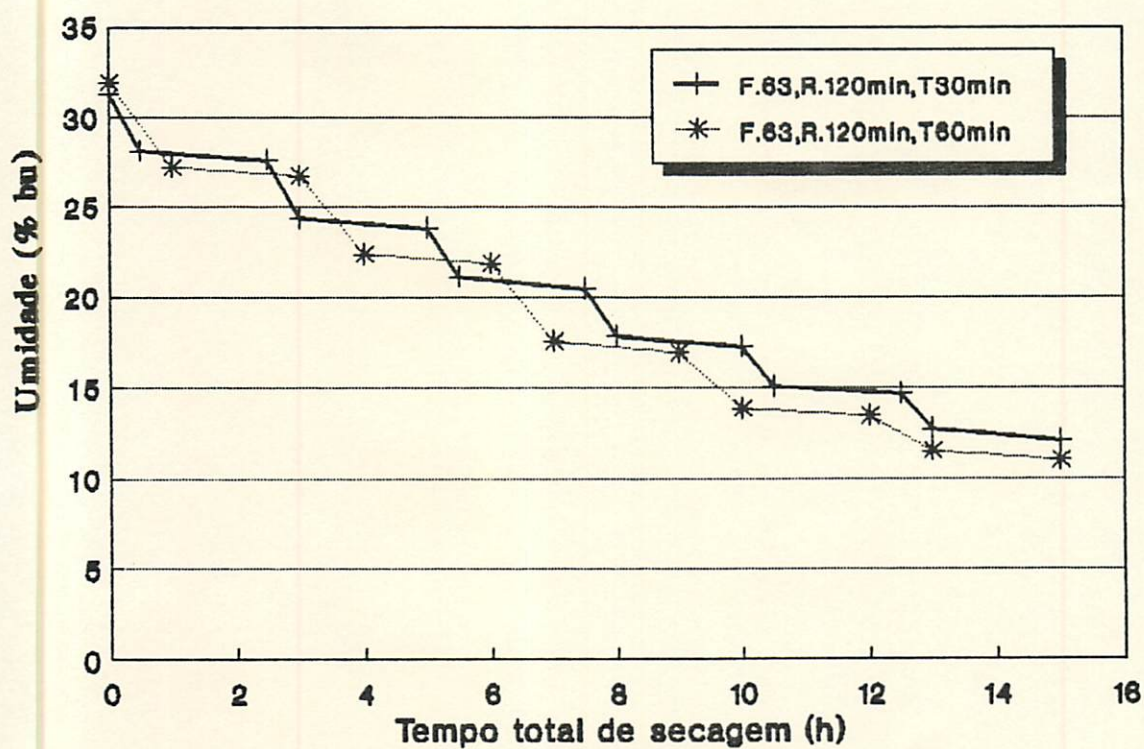


FIGURA 23 - Curvas de secagem do café, para o fluxo de ar de  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ , período de repouso de 120 minutos e períodos de secagem de 30 e 60 minutos em secador experimental de camada fixa.

dos grãos de café no secador experimental, onde mostra a significância do fluxo de ar, o período de repouso e o período de secagem, bem como a interação desses fatores, ao nível de 1% de probabilidade.

Analisando a Tabela 13, verifica-se que a medida que aumenta-se o fluxo de ar, ocorre diminuição significativo entre os tempos médios de secagem para período de repouso de 60 minutos, não ocorrendo variações para o período de repouso de 120 minutos, conforme foi observado também para o tempo total (Tabela 11). Entretanto, como no tempo total, o tempo de repouso não interfere no tempo em que o café permanece no secador, a exceção do fluxo de ar de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ .

Na Tabela 14, observa-se uma diferença significativa entre os fluxos de ar para o tempo médio de secagem dentro do período de secagem de 30 minutos, já no período de secagem de 60 minutos, os fluxos de  $33,0$  e  $63,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$  apresentaram iguais e menores que o fluxo de  $16,0\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ . Analisando o período de secagem, observa-se que independente do fluxo de ar estudado os tempos de secagem menores foram no período de 30 minutos.

Como no tempo total de secagem, os resultados mostram um efeito do aumento do fluxo de ar na diminuição do tempo de secagem, sendo este efeito mais visível no período de secagem de 30 minutos e período de repouso de 60 minutos.

**TABELA 13** - Médias dos tempos de secagem de café (horas), em função do fluxo de ar e do período de repouso, do secador experimental de camada fixa

Fluxo de Ar ( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Período de Repouso (min)	
	60	120
16,0	6,17 c B	4,42 a A
33,0	4,33 b A	4,00 a A
63,0	3,67 a A	4,00 a A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, para cada período de repouso, e de mesma letra minúscula, para cada fluxo de ar, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

**TABELA 14** - Médias dos tempos de secagem de café (horas), em função do fluxo de ar e o período de secagem, do secador experimental de camada fixa

Fluxo de Ar ( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Período de Secagem (min)	
	30	60
16,0	5,08 c A	5,50 b B
33,0	3,50 b A	4,83 a B
63,0	3,00 a A	4,67 a B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, para cada período de secagem, e de mesma letra minúscula, para cada fluxo de ar, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste Tukey.

### 4.3 Considerações entre os Dois Sistemas de Secagem

Os dois sistemas de secagem estudados, conforme já ressaltamos anteriormente, são muito diferentes no que diz respeito as características do secador e processo de secagem, principalmente em relação à movimentação dos grãos no secador de fluxo cruzado.

Na tentativa de se estabelecer um sistema de camada fixa com características semelhantes as de fluxo cruzado, algumas diferenças ocorreram, como a temperatura de 70°C ficou um pouco acima das temperaturas médias dos secadores de fluxo cruzado (maior 66,9°C, Tabela 10), e a umidade que foi em torno de 30% no secador de camada fixa, nos secadores de fluxo cruzado variaram de 33 a 48% bu.

Apesar destas diferenças os tempos de secagem foram bem menores no secador de camada fixa. Se observarmos as tabelas 9 e 14, podemos verificar que o tempo total de secagem no secador de fluxo cruzado variou de 25 a 57,5 horas, sendo que no secador de camada fixa esta variação foi 8,6 a 20,8. Se contarmos o tempo de secagem nos secadores mecânico intermitente de fluxo cruzado a partir de 30% bu. de umidade (Tabelas 4 a 9), encontraremos, mesmo assim, relações de 15 a 35,5 horas, tempos ainda superiores aos de camada fixa. Tirando, dessa forma o efeito da umidade inicial, fica o efeito da temperatura que foi mais alto e constante no secador de camada fixa. O tempo de secagem propriamente dita variou de 4,0 a 12,0 horas nos

secadores de fluxo cruzado e de 4.0 a 6.0 horas no secador de camada fixa.

TABELA 15 - Valores médios dos 12 testes de secagem no secador experimental de camada fixa.

Teste Nº	Fluxo de Ar ( $m^3min^{-1}m^{-2}$ )	Período de		Tempo de		Tempo Total secagem (h)
		secagem (min)	repouso (min)	secagem (h)	repouso (h)	
1	16,0	30	60	6,0	12,0	18,0
2	16,0	30	120	4,2	16,6	20,8
3	16,0	60	60	6,3	6,3	12,6
4	16,0	60	120	4,7	9,3	14,0
5	33,0	30	60	4,0	8,0	12,0
6	33,0	30	120	3,0	12,0	15,0
7	33,0	60	60	4,7	4,6	9,3
8	33,0	60	120	5,0	10,0	15,0
9	63,0	30	60	3,0	6,0	9,0
10	63,0	30	120	3,0	12,0	15,0
11	63,0	60	60	4,3	4,3	8,6
12	63,0	60	120	5,0	10,0	15,0



## 5 CONCLUSÕES

Foi verificado entre os secadores intermitente de fluxos cruzado analisados, que suas características físicas internas variam em relação ao volume da câmara de secagem, câmara de repouso e fluxo de grãos, fazendo com que o comportamento dos grãos durante a secagem sejam diferentes.

Os secadores intermitente de fluxo cruzado, operam em sistemas de lotes de café que ficam circulando por muito tempo, com grandes gastos de energia e utilização do secador. Além disso foi observado a não uniformidade na operação entre secadores ou em um mesmo secador, principalmente com relação á temperatura utilizada.

Houve uma diminuição no tempo total de secagem e o tempo de permanência no secador experimental foram menores do que nos secadores comerciais.

O fluxo de ar tem maior efeito em diminuir tanto o tempo total, como o tempo de permanência no secador, independente do período de secagem, porém os efeitos do fluxo de ar foram maiores para menor período de repouso.

## 6 SUGESTÕES

No secador A o período na câmara de secagem (4 minutos) foi muito inferior aos períodos de secagem de 30 e 60 minutos utilizados no secador experimental. Nos secadores B e C estes períodos foram intermediários (41 e 42 minutos). Sugere-se portanto para trabalhos futuros a utilização de um protótipo deste tipo de secador, afim de que se possa variar estas características e analisar melhor estas e outras variáveis como temperatura, fluxo de ar, fluxo dos grãos etc.

Pelas vantagens que a secagem em camada fixa apresentou, nos dá a idéia de se poder melhor utilizar o secador de camada fixa já existente no mercado, junto a uma tulha de descanso, em vez de ficar revirando o café e paralizando o secador, com aumentos de mão-de-obra e tempo de secagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Oficial methods of analysis of Association of Official Analytical chemists. 11.ed. Washington, 1970. 101p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Theory and simulation of cereal grain drying. In: \_\_\_\_\_. Drying cereal grains. Westport: The Avi Publishing Company, 1974. cap. 8, p. 185-221.

BAKKER-ARKEMA, F.W.; FOSDICK, S.; NAYLOR, J. Testing of commercial crossflow grain dryer. St. Joseph: ASAE, 1979. 15p. (Paper, 79-3521).

BARBOSA, L.F.; TEIXEIRA, A.; CASTILHO, A. Um novo desmucilinizador do café despulpado. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1962. 42p.

CARVALHO, A. A secagem de café em terreiro. Boletim da Superintendência dos Serviços do café, São Paulo, v.31, n.353, p.34-5, 1956.

- CORDEIRO, J.A.B. Influência da temperatura e tempo de repouso na secagem de café em camada fixa. Viçosa: UFV. 1982. 60p (Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- CORRÊA, P.C. Simulação de secagem de café em camada espessa. Viçosa: UFV, 1982. 47p. (Tese-Mestrado em Engenharia Agrícola).
- DORFMAN, E. Pré-secagem de café em barcaça com utilização de energia solar. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, UNICAMP, 1980. 95p. (Tese - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- FOOTE, H.E. A study of the drying of coffee on the terreous. IBEC Research Institute, New York, v.30, p.1-14, 1954.
- GODOY JR, C.; GRANER, E.A. Colheita e preparo. In: Manual do cafeicultor, São Paulo: Melhoramentos, 1962. cap. 10, p.231-43.
- GUSTAFSON, R.J.; MOREY, R.V. Moisture and quality variations across the column of a crossflow grain dryer. St. Joseph: ASAE, 1980. 15p. (Paper, 80-3513).
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Processamento, classificação e armazenamento do café. In: \_\_\_\_\_. Cultura do café no Brasil: Manual de recomendações. 5. ed. Rio de Janeiro, 1985. cap.12 p. 423-466.

- OSÓRIO, S.G.A. Projeto e construção de um secador intermitente de fluxos concorrente e sua avaliação na secagem de café. Viçosa: UFV, 1982. 57p. (Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- PIERSE, R.O.; THOMPSON, T.L. Energy utilization and efficiency of crossflow grain dryers. St. Joseph: ASAE, 1975. 12p. (Paper, 75-3020).
- PINTO, C.A.F. Projeto de um secador de fluxos contracorrentes / concorrentes e análise de seu desempenho na secagem de café. Viçosa: UFV, 1993. 72p. (Tese-Mestrado em Engenharia Agrícola).
- RIGITANO, A.; TOSELHO, A.; FERREIRA, O.S.; GARRUTI, R.S. e JORGE, J.P.N. Influência do parcelamento na secagem do café. Bragantia, Campinas, v.34, n.24, p.299-322, 1964.
- ROSSI, S.J.; ROA, G. Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1980. p.3.
- SILVA, J.S.; LACERDA FILHO, A.F.de. Construção de secadores para produtos agrícolas. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1984. 17p. (série técnica-Boletim, 41).

SILVA, L.C.; SILVA, J.S.; QUEIROZ, D.M.; OLIVEIRA FILHO, D. Desenvolvimento e avaliação de um secador de café (coffea arabica L.) intermitente de fluxos contracorrentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, Londrina, 1991. Anais... Londrina: ABEA, 1992. p.1438-1452.

SOARES, A.G.O.; SILVA, J. DE 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, 1983.

TEIXEIRA, A.A.; NOGUEIRA, V.S.; ARRUDA, H.V. Estudo dos diversos equipamentos para a secagem mecânica do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5. Guarapari, 1977. Resumo... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p.234-241.

TEIXEIRA, A.A.; NOGUEIRA, V.S.; FALSARRELLA, M.L.; BARALDI, P.; SELLSCHOP, J.; NUNES, J.B.P.; LACERDA, L.A.O.; BARCELOS, L.C.R. Estudo das características técnicas e custos de secagem de secadores mecânicos para café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, Araxá, 1979. Resumo... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979a. p.268-273.

TEIXEIRA, A.A.; HASHIZUME, H.; NOBRE, G.W.; CORTEZ, J.G. Efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes dos frutos colhidos verdes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, Araxá, 1979. Resumo... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979b. p.353-7.

TEIXEIRA, A.A.; SELLSCHOP, J.; NOGUEIRA, V.S.; FALSARELLA, M.C.;

RADUAN NETO, M. Estudo do desempenho dos secadores mecânicos e barcaças ventiladas na secagem do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, Campos do Jordão, 1980. Resumo.... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p.262-278.

THOMPSON, T.L.; POSTER, G.H. PEART, R.M. Comparision of concourrent flow, crossflow and counterflow grain drying methods. Washington: USDA, 1969. 23p. (Marketing Research Report, 841).

TOSELLO, A. Colheita preparo por via seca e armazenamento do café. In: NETTO, J.E. de P. Primeiro curso de cafeicultura. 3. ed. São Paulo: Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 1957. p. 249-257.

VILELA, E.R. Secagem de café com energia solar em terreiro e silo. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, UNICAMP, 1977. 107p. (Tese - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).

APÊNDICE

**TABELA 1** - Resumo da análise de variância dos dados referente ao tempo total de secagem dos grãos de café em secador experimental de camada fixa, Lavras - MG, 1993.

C.V.	G.L.	Q.M.	Significância
Fluxo	2	66,5208	0,00001
Repouso	1	158,3402	0,00001
Secagem	1	57,5069	0,00001
Fluxo*Repouso	2	12,5486	0,00010
Fluxo*Secagem	2	29,4657	0,00001
Repouso*Secagem	1	0,5625	0,59851
Fluxo*Repouso*Secagem	2	3,2708	0,02435
Residuo	24	0,7569	

C.va = 6,347

TABELA 2 - Resumo da análise de variância dos dados referente ao tempo de secagem dos grãos de café no secador experimental de camada fixa, Lavras - MG, 1993.

C.V.	G.L.	Q.M.	Significância
Fluxo	2	7,0069	0,00001
Repouso	1	3,0625	0,00011
Secagem	1	11,6736	0,00001
Fluxo*Repouso	2	3,3958	0,00001
Fluxo*Secagem	2	1,2569	0,00073
Repouso*Secagem	1	1,1736	0,00449
Fluxo*Repouso*Secagem	2	0,2569	0,13372
Resíduo	24	0,1180	

C.va = 7,755%

TABELA 3 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 1, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu.)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	29,7	19,7		18,0	65,5	31,31
0,5			41,9	16,0	85,0	29,76
1,5	28,7	19,7		15,5	87,0	29,47
2,0			41,7	15,5	87,0	27,96
3,0	30,0	20,0		15,0	89,0	27,68
3,5			43,0	15,0	90,0	26,23
4,5	30,3	19,3		15,0	90,0	25,93
5,0			44,2	15,0	91,0	24,53
6,0	29,3	18,7		14,8	91,0	24,30
6,5			47,0	14,5	91,0	22,83
7,5	30,3	18,0		14,0	91,0	22,47
8,0			46,1	14,0	91,0	21,02
9,0	31,7	17,3		13,2	91,0	20,68
9,5			46,3	13,0	91,5	19,22
10,5	30,3	17,7		13,0	91,5	18,80
11,0			47,8	12,7	92,0	17,58
12,0	30,3	17,0		12,0	92,5	17,24
12,5			47,8	12,0	93,0	16,01
13,5	32,0	17,3		12,2	93,0	15,80
14,0			46,0	12,2	93,0	14,77
15,0	35,0	17,7		12,3	93,0	14,55
15,5			48,7	12,5	93,0	13,72
16,5	36,3	18,7		13,0	93,5	13,46
17,0			50,0	13,5	92,0	12,72
18,0				15,0	80,0	12,29

TABELA 4 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 2, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu.)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	28,7	23,3		21,0	46,0	30,49
0,5			41,8	21,5	43,0	28,53
2,5	29,0	23,3		22,5	39,0	28,08
3,0			42,0	21,0	42,0	26,18
5,0	29,7	21,0		18,5	49,0	25,82
5,5			42,6	18,5	52,0	24,10
7,5	29,3	21,0		17,5	56,0	23,79
8,0			44,4	17,0	56,0	21,78
10,0	32,3	20,3		16,8	59,0	21,37
10,5			43,6	16,0	65,0	19,53
12,5	30,0	19,0		14,0	73,0	19,06
13,0			43,9	14,0	74,0	17,35
15,0	31,7	19,7		13,5	75,0	16,98
15,5			45,1	13,2	80,0	15,36
17,5	34,0	21,0		13,5	80,0	15,08
18,0			44,9	15,0	78,0	13,60
20,0	32,0	22,0		19,5	54,0	13,78
20,5			43,0	20,5	50,0	12,70
22,5				22,5	34,0	12,04

TABELA 5 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 3, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura seco úmido		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	(°C)			T (°C)	UR (%)	
0,0	30,0	19,0		14,0	83,0	30,17
1,0			43,3	14,5	82,0	26,78
2,0	32,2	20,3		15,5	76,0	26,39
3,0			45,4	16,0	75,0	23,53
4,0	37,3	21,3		17,0	70,0	23,16
5,0			47,4	17,0	67,0	20,26
6,0	35,3	20,7		17,5	64,0	19,85
7,0			48,0	17,5	63,0	17,43
8,0	32,7	19,7		18,0	61,0	17,19
9,0			49,0	17,5	62,0	15,04
10,0	35,7	20,7		16,5	65,0	14,61
11,0			49,7	15,0	66,0	13,42
12,0	33,0	19,0		14,5	69,0	13,31
13,0			47,0	13,5	72,0	12,31
14,0				12,0	74,0	11,78

TABELA 6 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 4, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Cond. Ambiente		Umidade	
	seco (°C)	úmido (°C)	T (°C)	UR (%)		
0,0	28,7	21,3	13,0	66,0	28,73	
1,0			40,7	14,0	66,0	25,09
3,0	34,0	23,0		19,0	50,0	24,67
4,0			43,2	22,0	46,0	21,05
6,0	36,7	23,7		25,0	30,0	20,56
7,0			42,9	25,5	28,5	17,32
9,0	38,0	23,3		25,5	26,5	16,96
10,0			45,9	25,0	26,5	14,24
12,0	40,5	23,5		21,0	38,0	13,74
13,0			46,3	19,0	42,0	12,06
15,0				17,8	45,5	11,38

TABELA 7 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 5, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	28,3	19,3		16,5	55,0	29,94
0,5			41,9	17,0	54,0	28,12
1,5	32,0	20,0		19,0	49,0	27,70
2,0			43,5	20,0	48,0	25,72
3,0	38,3	22,7		21,0	40,0	25,34
3,5			46,2	24,5	33,0	23,41
4,5	40,3	24,0		27,0	28,0	23,02
5,0			47,1	28,0	23,0	21,12
6,0	43,7	24,0		28,5	20,0	20,68
6,5			48,2	29,5	19,0	18,90
7,5	43,0	24,7		30,0	17,0	18,44
8,0			49,8	30,0	17,0	16,79
9,0	42,0	24,8		29,0	18,0	16,29
9,5			48,0	27,0	20,0	14,89
10,5	42,0	23,0		24,5	23,0	14,58
11,0			51,1	23,5	25,0	13,41
12,0				23,0	28,0	12,38

TABELA 8 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 6, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	30,0	22,3		21,0	45,0	26,53
0,5			38,1	22,0	43,0	24,36
2,5	36,0	23,7		27,0	30,0	23,85
3,0			44,1	28,5	24,0	21,62
5,0	39,3	25,0		30,0	21,0	21,10
5,5			48,5	30,5	20,0	19,00
7,5	41,7	25,7		29,0	23,0	18,45
8,0			46,8	28,0	25,0	16,64
10,0	40,7	23,7		25,0	28,0	16,05
10,5			46,4	24,5	30,0	14,52
12,5	40,3	22,7		24,0	30,0	14,06
13,0			49,3	24,0	31,0	12,59
15,0				23,5	30,0	11,26

TABELA 9 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 7, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	32,0	20,7		14,0	80,0	29,36
1,0			39,8	14,5	75,0	25,37
2,0	39,0	22,0		15,5	72,0	25,07
3,0			43,4	16,5	65,0	21,25
4,0	44,0	22,0		17,0	63,0	20,96
5,0			47,9	17,8	61,0	17,53
6,0	43,3	22,3		17,8	61,0	17,14
7,0			50,6	17,5	62,0	15,04
8,0	47,0	22,5		17,0	63,0	14,68
9,0			50,0	16,5	64,0	12,81
10,0				16,0	65,0	11,88

TABELA 10 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste nº 8, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	44,3	25,3		28,0	29,0	29,19
1,0			46,8	28,5	29,0	25,29
3,0	45,7	26,0		29,8	24,0	24,97
4,0			47,9	28,5	25,0	21,22
6,0	45,7	23,7		28,0	26,0	19,42
7,0			48,1	25,5	27,0	17,29
9,0	46,7	22,7		22,0	32,0	16,55
10,0			48,2	21,5	34,0	14,05
12,0	45,7	23,0		21,0	36,0	13,40
13,0			48,0	19,5	42,0	11,88
15,0				19,0	44,0	11,29

TABELA 11 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 9, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	44,0	22,3		22,0	40,0	29,35
0,5			52,0	22,2	38,0	26,48
1,5	44,7	23,0		23,5	33,0	26,05
2,0			52,0	24,5	30,0	23,63
3,0	46,3	25,3		25,0	29,0	23,24
3,5			51,5	24,0	30,0	20,40
4,5	49,3	22,7		23,0	36,0	19,91
5,0			52,3	22,8	38,0	17,35
6,0	49,3	23,3		21,5	42,0	16,85
6,5			55,3	20,0	43,0	14,65
7,5	47,7	22,0		18,5	47,0	14,30
8,0			53,2	18,5	50,0	12,59
9,0				18,0	50,0	12,22

TABELA 12 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 10, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	39,3	21,7		18,0	65,0	31,25
0,5			46,5	20,0	60,0	28,13
2,5	40,0	23,0		22,5	42,0	27,59
3,0			52,3	24,5	38,0	24,38
5,0	45,3	23,7		24,5	34,0	23,78
5,5			51,6	23,5	33,0	21,09
7,5	48,3	23,0		23,5	35,0	20,43
8,0			52,9	20,5	37,0	17,88
10,0	46,3	22,3		20,0	41,0	17,27
10,5			52,8	19,0	46,0	15,08
12,5	48,7	22,0		18,8	50,0	14,64
13,0			52,8	18,5	50,0	12,74
15,0				18,0	50,0	12,06

TABELA 13 - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 11, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Cond. Ambiente		Umidade (%bu)	
	seco (°C)	úmido (°C)	T (°C)	UR (%)		
0,0	40,3	21,0	19,5	57,0	28,12	
1,0			52,1	22,0	45,0	23,87
2,0	49,7	22,3		23,5	35,0	23,42
3,0			55,7	24,0	32,0	19,51
4,0	51,7	23,7		25,0	29,0	19,06
5,0			54,7	25,0	29,0	15,61
6,0	51,7	23,7		24,0	29,0	15,22
7,0			55,0	22,0	35,0	12,60
8,0				20,0	42,0	12,12

**TABELA 14** - Tempo de secagem acumulado, temperaturas de bulbo seco e úmido, temperatura média da massa dos grãos em repouso, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade dos grãos referente ao teste n° 12, realizado no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Tempo (h)	Temperatura		Temperatura (°C)	Cond. Ambiente		Umidade (%bu)
	seco (°C)	úmido (°C)		T (°C)	UR (%)	
0,0	40,0	17,7		10,5	93,0	31,94
1,0			46,6	10,5	93,0	27,22
3,0	49,0	20,7		15,0	80,0	26,76
4,0			51,6	17,0	60,0	22,39
6,0	53,0	22,0		19,5	52,0	21,87
7,0			55,6	20,0	48,5	17,54
9,0	52,0	22,0		19,5	48,0	16,95
10,0			50,7	18,5	49,0	13,82
12,0	48,7	18,3		16,0	56,0	13,43
13,0			50,3	14,0	55,0	11,51
15,0				12,5	60,0	10,98

TABELA 15 - Valores médios da temperatura de secagem e do ar ambiente, umidade relativa e fluxo de ar, para os testes dos Secadores mecânico Intermitente de fluxo cruzado A, B, C.

Secador	Temperatura			
	Secagem (C)	Ambiente (C)	UR (%)	Fluxo (ms <sup>-1</sup> )
A	45,8	18,4	54,4	10,0
B	64,0	19,7	48,1	18,0
C	53,8	21,4	53,4	12,0

TABELA 16 - Parâmetros médios relativos à tempo total de secagem pesos dos lotes inicial e final, densidade aparente inicial e final, teores de umidade inicial e final e temperaturas da massa dos grãos em repouso dos testes realizado no secador experimental - Lavras - MG, 1993.

Teste N°	Tempo (h)	Temp. (°C)	Peso do Lote (kg)		Densidade (kgm <sup>-3</sup> )		Umidade (%bu.)		Temp. (°C)
01	18,0	70	9823	7693	483,66	425,35	31,31	12,29	43,9
02	20,8	70	9943	7857	486,06	420,01	30,49	12,04	42,7
03	12,7	70	9783	7743	459,63	416,97	30,17	11,78	47,2
04	14,0	70	10213	8213	451,31	416,65	28,73	11,38	43,6
05	12,0	70	10163	8126	438,55	421,54	29,94	12,38	45,9
06	15,0	70	10226	8466	430,52	414,18	26,53	11,26	45,0
07	9,3	70	9970	7993	439,14	423,62	29,36	11,88	46,1
08	15,0	70	8566	6836	497,53	415,28	29,19	11,29	47,1
09	9,0	70	9853	7930	487,33	407,33	29,35	12,22	53,4
10	15,0	70	10160	7947	457,64	410,64	31,25	12,06	50,6
11	8,6	70	9846	8060	470,37	415,75	28,12	12,12	48,9
12	15,0	70	10323	7893	466,46	413,52	31,94	10,98	50,4

TABELA 17 - Parâmetros relativos à tempo total de secagem, fluxo de ar secagem, período de secagem e repouso, teores de umidade inicial e final, referente aos 12 testes de secagem no secador experimental, Lavras-MG, 1993.

Teste n <sup>a</sup>	Tempo (h)	Fluxo (mm/m)	Período (min)		Umidade (%)	
01	18,0	16,0	30	60	31,31	12,29
02	20,8	16,0	30	120	30,49	12,04
03	12,7	16,0	60	60	30,17	11,78
04	14,0	16,0	60	120	28,73	11,38
05	12,0	33,0	30	60	29,94	12,38
06	15,0	33,0	30	120	26,53	11,26
07	9,3	33,0	60	60	29,36	11,88
08	15,0	33,0	60	120	29,19	11,29
09	9,0	63,0	30	60	29,35	12,22
10	15,0	63,0	30	120	31,25	12,06
11	8,6	63,0	60	60	28,12	12,12
12	15,0	63,0	60	120	31,94	10,98

**TABELA 18** - Parâmetros médios relativos a temperatura do ar de secagem, temperatura de bulbo seco e úmido, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de umidade inicial e final, temperatura da massa dos grãos em repouso, dos 12 testes realizado no secador experimental, Lavras - MG, 1993.

Teste n°	Temperatura ar secagem (C)	Temperatura		Cond. Ambiente		Umidade	
		seco (C)	úmido (C)	T (C)	UR (%)	(%bu.)	
01	70	38,7	22,8	14,9	80,7	31,31	12,29
02	70	37,9	23,8	17,5	61,5	30,49	12,04
03	70	40,5	21,8	14,6	66,9	30,17	11,78
04	70	43,7	23,9	20,2	44,6	28,73	11,38
05	70	30,0	18,5	22,9	32,5	29,94	12,38
06	70	29,7	21,1	25,7	28,5	26,53	11,26
07	70	33,0	19,8	18,3	57,1	29,36	11,88
08	70	35,2	22,9	23,6	41,8	29,19	11,29
09	70	42,4	22,1	19,7	50,1	29,35	12,22
10	70	43,3	22,1	19,8	50,6	31,25	12,06
11	70	46,3	22,0	20,9	46,2	28,12	12,12
12	70	48,5	20,1	14,8	63,9	31,94	10,98