

**ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO CAFÉ  
CEREJA NATURAL E DESPOLPADO  
SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES  
DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO**

**PAULO CARTERI CORADI**

**2006**

**PAULO CARTERI CORADI**

**ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO CAFÉ CEREJA NATURAL E  
DESPOLPADO SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
SECAGEM E ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Strictu-Sensu em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Construções Rurais e Ambiente para a obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador**

**Prof. Dr. Flávio Meira Borém**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Coradi, Paulo Carteri

Alterações na qualidade do café cereja natural e despolpado submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento / Paulo Carteri Coradi - Lavras : UFLA, 2006.

75p. : il.

Orientador: Flávio Meira Borém  
Dissertação (Mestrado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Café. 2. Secagem. 3. Armazenamento. 4. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7368

**PAULO CARTERI CORADI**

**ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO CAFÉ CEREJA NATURAL E  
DESPOLPADO SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
SECAGEM E ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Construções Rurais e Ambiente para a obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 24 de julho de 2006**

**Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade – TER/UFF**

**Prof. Dr. Frederico Faúla de Souza – DEG/UFLA**

**Prof. Dr. Flávio Meira Borém  
UFLA  
(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

*“Quem, senão vós, Ó DEUS, que nos repelistes e já não saís à frente de nossas forças” (Salmos 59, 60.61).*

## **DEDICO**

*Aos meus pais, Demétrio e Luci, pelo amor e incentivo,*

*Aos meus irmãos, Pablo e Patrícia, pelo carinho e amizade,*

*Aos amigos, pela amizade e compreensão.*

## **OFEREÇO**

*“Toda ênfase deve ser dada à busca; encontrar  
é uma mera conquista da procura”*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me proteger de todos os perigos e por ter me dado mais uma conquista na vida.

Agradeço de coração a toda minha família, sempre presentes em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins, e que, durante o curso, me incentivou e acreditou no meu potencial. Obrigado, mãe; obrigado, pai e obrigado, irmãos, por fazerem parte de minha vida.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade e pela contribuição para a conclusão do curso de mestrado.

Agradeço ao Setor de Cafeicultura, ao Laboratório de Pós-Colheita de Café e ao Setor de Sementes da Universidade Federal de Lavras, pelo espaço físico para a realização dos testes experimentais e pela matéria-prima.

Agradeço à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Agradeço, em especial, ao professor Flávio Meira Borém, pela excelente orientação em todo o tempo de mestrado. Presente em todos os momentos, incentivou, apoiou e colaborou, com sua competência, na superação de minhas dificuldades de aprendizado, com sua paciência, nos momentos de minhas ansiedades e, acima de tudo, pela amizade que tem me enriquecido como pessoa.

Agradeço aos professores João Almir e Roberto Braga, pelo interesse e apoio ao meu aprendizado, por meio de disciplinas ou durante o desenvolvimento de atividades envolvendo o projeto de mestrado.

Agradeço aos professores Ednilton Tavares de Andrade, Frederico Faúla de Souza e Rosemary G. F. Alvarenga Pereira, pelas sugestões, disponibilidade e ensinamentos.

Agradeço ao professor Augusto Ramalho, pelas contribuições nas análises estatísticas.

Agradeço ao amigo Carlos Henrique Reinato, pelas sugestões e ajuda na montagem e na condução do experimento, sempre demonstrando boa vontade e interesse. Obrigado, Carlos, pela grande colaboração e também por essa grande amizade que criamos.

Agradeço à valorosa contribuição de todos os amigos e colegas, Reni, Simone, Elizabeth, Pablo, Leandro, Elisangela, Márcio, Gilberto, Eduardo, Luís, Lasley e todos outros estudantes bolsistas e estagiários da equipe do Dr. Flávio Meira Borém.

Agradeço aos pesquisadores da EPAMIG, Sílvio e Marcelo, pelo apoio e aos competentes laboratoristas Samuel e Liliane, pela dedicação nas análises laboratoriais.

Agradeço aos funcionários Márcio e José Maurício, pela ajuda na montagem do experimento.

Agradeço à pesquisadora Stella Veiga, pelas sugestões e pelos secadores concedidos para a realização do experimento.

Agradeço aos degustadores de café da Fazenda Monte Alegre S/N – Alfenas, MG, pela realização das análises sensoriais.

Agradeço a todos os outros amigos e colegas que, de uma forma ou de outra, estiveram presentes durante todo este tempo de curso e, com certeza, estarão pelo resto de minha vida.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1 Aspectos comerciais e econômicos.....	3
2.2 Composição química do café.....	3
2.3 Processamento do café.....	4
2.4 Secagem do café.....	5
2.5 Alterações físico-químicas provocadas pela secagem.....	7
2.6 Principais métodos de armazenamento.....	9
2.7 Alterações físico-químicas provocadas pelo armazenamento.....	11
<b>3 MATERIAIS E MÉTODO</b> .....	14
3.1 Local da realização do experimento.....	14
3.2 Processamento do café.....	14
3.3 Secagem do café.....	16
3.4 Armazenamento do café.....	20
3.5 Caracterização da qualidade do café.....	21
3.5.1 Número de defeitos.....	21
3.5.2 Análise sensorial.....	22
3.5.3 Condutividade elétrica.....	22
3.5.4 Lixiviação de potássio.....	23
3.5.5 Acidez titulável total.....	23
3.5.6 Acidez graxa.....	23
3.5.7 Açúcares totais e redutores.....	24
3.5.8 Avaliação da cor.....	24
3.5.9 Sólidos solúveis totais.....	25
3.7 Tratamentos e delineamento experimental.....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
4.1 Caracterização das condições experimentais de secagem.....	27
4.2 Curvas de secagem.....	29

4.3	Qualidade dos cafés natural e despolpado após secagem em terreiro e com ar aquecido a 40°C e 60°C.....	32
4.4	Caracterização das condições experimentais de armazenamento.....	39
4.5	Qualidade dos cafés natural e despolpado durante o armazenamento com umidade relativa de 60%.....	42
4.6	Qualidade dos cafés natural e despolpado durante o armazenamento entre as condições de 60% e 80% de umidade relativa.....	56
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>

## RESUMO

CORADI, Paulo Carteri. **Alterações na qualidade do café cereja natural e despulpado submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento.** 2006, 75p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG\*

Considerando as diversas formas de processamento do café, que podem alterar sua qualidade e a elevada importância das etapas de secagem e armazenamento na preservação da qualidade, o presente trabalho teve como objetivos: a) avaliar a qualidade dos cafés natural e despulpado durante a secagem em terreiro e secagem com ar aquecido a 40°C e 60°C; b) monitorar as alterações na qualidade dos cafés natural e despulpado na condição de 60% de umidade relativa e temperatura controlada de 23°C, aos 90 e 180 dias de armazenamento; c) comparar as alterações na qualidade dos cafés natural e despulpado entre as umidades relativas 60% e 80% e temperatura controlada de 23°C, aos 90 e 180 dias de armazenamento. O trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia e no Pólo de Tecnologia em Pós-Colheita do Café da Universidade Federal de Lavras. A colheita do café, variedade Topázio, foi seletiva. Em seguida, o café foi lavado e eventuais frutos verdes, verde-cana ou super-maduros foram eliminados manualmente da porção cereja. Depois, parte do café foi despulpada e outra parte processada de forma natural. Uma parcela de cada tipo de café foi conduzida para a secagem em terreiro e outra parcela para secagem com temperaturas de 40°C e 60°C. Após a secagem, o café foi armazenado em ambiente hermético, com temperatura do ar controlada e sob diferentes condições de umidades relativas (60% e 80%). A umidade relativa e a temperatura do armazenamento foram monitoradas diariamente. Para a avaliação da qualidade, foram feitas as análises sensoriais, acidez titulável total, acidez graxa, lixiviação de potássio, condutividade elétrica, cor, açúcares redutores e açúcares totais. Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que: a condutividade elétrica, a lixiviação de potássio, a acidez titulável total e a

---

\* Comitê orientador: Prof. Dr. Flávio Meira Borém - DEG –UFLA (Orientador)  
Prof. Dr. João Almir Oliveira - DAG –UFLA (Co-orientador)

acidez graxa aumentam com a elevada temperatura de secagem e nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento; os açúcares redutores, açúcares totais e análise sensorial diminuem com o aumento da temperatura de secagem e nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento; a descoloração do café foi mais intensa para as condições de 80% de umidade relativa; a secagem com temperatura de 60°C afetou negativamente a qualidade dos cafés natural e despulpado nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento; a qualidade do café foi afetada positivamente pela secagem em terreiro e com temperatura de 40°C para os cafés natural e despulpado nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento; o café armazenado nas condições de 60% de umidade relativa mantém as qualidades iniciais até os 90 dias de armazenamento; a umidade relativa de armazenamento de 60% interferiu menos na qualidade inicial do café, quando comparado com a de 80%, durante todo o tempo de armazenamento e, finalmente, o café despulpado manteve por mais tempo as qualidades iniciais do que o café natural.

## ABSTRACT

CORADI, Paulo Carteri. **Alterations on the quality of the natural coffee and washed coffee, submitted to different conditions of drying process and storage.** 2006. 75p (Master in Engineering Science) - Federal University of Lavras, Lavras-MG \*

Taking into account that the several forms of coffee processing can alter its quality and the elevated importance of the drying and storage steps in the quality preservation, the present work was intended to: evaluate the quality of natural and washed coffee during drying on ground and drying with air heated at 40° and 60°C; b) monitor the alterations in the quality of natural and washed coffee under the conditions of 60% of relative humidity and controlled temperature of 23°C at 90 and 180 days of storage; c) compare the alterations in the quality of natural and washed coffee between the relative humidity of 60 and 80% and controlled temperature of 23° C at 90 and 180 days of storage. The work was accomplished in the Engineering Department and Coffee Post-Harvest Technology Pole of the Federal University of Lavras. The harvest of coffee, variety Topázio was selective. Next, the coffee was washed and occasional unripe and overripe fruits were eliminated by hand from the cherry portion. Afterwards, a part of the coffee was pulped and the other part processed in the dry method. A part of each type of coffee was carried to drying on ground and the other part was stored in air-tight place with controlled air temperature and under different conditions of relative humidity (60 and 80%). Both relative humidity and storage temperature were monitored daily. For evaluation of quality, the sensorial analyses were done, total titrable acidity, fatty acidity, potassium leaching, electric conductivity color, reducing sugars and total sugars. The results obtained in the present work enabled to conclude that: electric conductivity, potassium leaching, total titrable acidity and fatty acidity increase

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG –UFLA (Adviser)  
Prof. Dr. João Almir Oliveira – DAG – UFLA (Co-adviser)

with high drying temperature and under the conditions of 60 and 80% of relative humidity of storage; reducing sugars, total sugars and sensorial analysis decrease with increasing drying temperature and under the conditions of 60 and 80% of relative humidity of storage; coffee discoloration was more marked to the conditions of 80% of relative humidity; coffee quality was affected positively by drying on ground and with temperatures of 60 and 80% of relative humidity of storage; the coffee stored in the conditions of 60% of relative humidity maintained the initial qualities till 90 days of storage; relative humidity of storage of 60% interfered least upon the initial quality of coffee as compared with that of 80% throughout the storage time; washed coffee maintain for further times the initial qualities than natural coffee.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais obstáculos à exportação do café é a elevada exigência dos mercados consumidores com relação à qualidade, valorizando-se, cada vez mais, os atributos sensoriais e higiênico-sanitários do produto, além dos aspectos relacionados à proteção ambiental e à valorização social.

A qualidade sensorial do café está relacionada diretamente com a composição química dos grãos. Existem vários fatores que influenciam a qualidade final do café, como características edafoclimáticas, cultivares, condução e manejo da lavoura, colheita, processamento, secagem e armazenamento.

Existem diversas formas de processamento que resultam em diferenças marcantes quanto aos atributos sensoriais, sendo comuns relatos de superioridade da bebida para os cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural.

A secagem é uma das mais importantes fases no processamento do café, tanto sob o aspecto de consumo de energia como na influência que essa operação tem sobre a qualidade final do produto. Durante a secagem, os teores de água do grão são reduzidos de 60% (b.u.) para 11,5% (b.u.), reduzindo-se, assim, riscos com respiração, oxidação, fermentações e desenvolvimento de fungos e bactérias. Por outro lado, se não forem utilizadas as melhores técnicas de secagem, a qualidade poderá ser prejudicada em decorrência de alterações físicas, químicas e sensoriais indesejáveis. Tendo em vista esses problemas, busca-se um controle maior dos parâmetros de secagem (temperatura do ar de secagem, temperatura da massa de grãos, umidade relativa e fluxo de ar), para poder minimizar situações adversas ao produto.

A manutenção da qualidade do café resultante do processamento e da secagem dependerá das condições de armazenagem. O armazenamento passa a ser uma etapa importante, sob o aspecto de comercialização, tendo em vista que a

colheita do café ocorre em 3 a 4 meses do ano e o consumo ao longo de todo o ano e em diferentes localidades. Por isso, há a necessidade de uma eficaz rede de armazenamento e distribuição do produto, para que o mesmo não seja desvalorizado.

Para que o café passe a ser ofertado por um longo período, mantendo-se a elevada qualidade inicial, há necessidade de se conhecer as alterações que ocorrem durante o armazenamento sob diferentes condições ambientais e, assim, determinar o controle necessário para a sua adequada preservação.

Considerando que as diversas formas de processamento do café podem alterar sua qualidade e a elevada importância das etapas de secagem e armazenamento na preservação da qualidade, o presente trabalho teve como objetivos: a) avaliar a qualidade dos cafés natural e despulpado, durante a secagem em terreiro e secagem com ar aquecido a 40°C e 60°C; b) monitorar as alterações na qualidade dos cafés natural e despulpado na condição de 60% de umidade relativa e temperatura controlada de 23°C, aos 90 e 180 dias de armazenamento; c) comparar as alterações na qualidade dos cafés natural e despulpado entre as umidades relativas 60% e 80% e temperatura controlada de 23°C, aos 90 e 180 dias de armazenamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos comerciais e econômicos

O café sempre teve participação marcante no agronegócio brasileiro, sendo o segundo produto de maior exportação agrícola. Na safra 2004/05, o Brasil respondeu por mais de 36% da produção mundial, enquanto o segundo maior produtor (Colômbia) ficou com apenas 10% do total. Da produção brasileira, 75% correspondem à espécie *Coffea arabica* L., tendo Minas Gerais respondido, isoladamente, pela fatia de 50% da produção total do país (Pinto, 2006). Para a safra de 2006/07, a estimativa da produção brasileira é de 43 milhões de sacas (Agrianual, 2006).

### 2.2 Composição química do café

O fruto do cafeeiro é constituído de exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem), endocarpo (pergaminho), espermoderma (película prateada) e endosperma (semente) que constitui o grão propriamente dito (Clarke & Macrae, 1985; Salazar et al., 1994; Silva, 2002).

A qualidade sensorial do café está relacionada diretamente com a composição química dos grãos. O número de defeitos presentes nos grãos e a presença de grãos imaturos (verde, verde-cana) interferem na composição química que, por consequência, compromete a qualidade da bebida (Garruti & Gomes, 1961; Gialluly, 1959; Mazzafera, 1998; Ohiokpehai et al., 1987). De modo geral, o grão de café apresenta, em sua constituição química, inúmeros componentes voláteis e não-voláteis, tais como ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, carboidratos, trigonelina, compostos fenólicos, cafeína, bem como enzimas, que agem sobre estes próprios constituintes

(Biosci, 1993; Clarke & Macrae, 1985; Menezes, 1994; Sivetz, 1963).

A composição química média do café seco é formada por 13% de óleos, 60% de carboidratos, 8,2% de ácidos, 13% de proteínas e 1% de cafeína (Urgent, 1995; Folstar, 1985 citado por Martín, 2000). A composição dos ácidos graxos depende de alguns fatores como espécies e variedades de café. As reações de hidrólise dos triacilgliceróis (TAG) com a liberação dos ácidos graxos (FA) formam oxidações “off-flavour” na constituição química do café (Dagne, 1997, Murkovic, 1996, Spadone et al., 1990 e Speer et al., 1993 citados por Martín, 2000). Esta constituição química poderá ser modificada durante os processos de pós-colheita, ou seja, dependerão muito das condições de processamento, secagem e armazenamento (Afonso Júnior, 2001).

### **2.3 Processamento do café**

O processamento é uma etapa importante da pós-colheita, fazendo com que ocorra a maior homogeneidade possível dos frutos evitando possíveis comprometimentos na qualidade da bebida. A escolha do método de processamento dependerá principalmente das condições de capitalização do produtor, das quantidades produzidas e do padrão desejado de qualidade (Wilbaux, 1963; Wintgens, 2004).

O café pode ser processado pela via seca ou via úmida. O processamento por via seca consiste em manter o fruto intacto, ou seja, na sua forma integral, denominado assim de café natural. No processamento por via úmida, quando se removem apenas a casca e parte da mucilagem, obtém-se o café (descascado); quando a remoção da casca e da mucilagem é feita mecanicamente, obtém-se o café desmucilado; porém, quando se remove a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação biológica, obtém-se o café despulpado (Bartholo & Guimarães, 1997; Borém, 2004; Tosello, 1957).

Atualmente, vem crescendo, no Brasil, o número de produtores que estão empregando o processo por via úmida. Este processo favorece a secagem, tendo em vista o menor volume processado, o menor tempo de secagem e a redução do consumo de energia (Begazo, 1979, Reinato, 2003; Borém, 2004). Segundo Agriannual (2001), a mucilagem açucarada que envolve os grãos de café é um substrato ideal para o desenvolvimento de microrganismos causadores de bebidas de qualidade inferior. Por isso, outro fator positivo do processo por via úmida consiste em obter cafés de melhor qualidade, mantendo características de corpo, doçura e aroma (Bicudo, 1962; Borém, 2004; Brando, 1999; Silva, 2003; Vilela, 2002).

A qualidade do café está envolvida com o sabor e aroma da bebida; isso acontece devido à complexidade dos compostos dos cafés (Franca et al., 2004; Maarse & Vischer, 1996). As quantidades desses compostos voláteis dependem muito do método de processamento utilizado (Maier, 1981 e Maier, 1983).

A coloração do produto também está intimamente associada aos métodos de processamento e secagem empregados (Matielo, 1991). Em estudo sobre a qualidade do café preparado sob diferentes métodos de (Brando, 1999; Cortez et al., 1997; Vilela, 2002) observaram-se características superiores da bebida para os cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural.

## **2.4 Secagem do café**

Outra etapa importante da pós-colheita é a secagem. A principal função da secagem é reduzir grande parte da água contida nos frutos de café e garantir seguras condições de armazenamento por longos períodos. O café pode ser submetido a diferentes tipos de secagem: em terreiro, secagem mecânica, ou então, secagem combinada (terreiro e secador). O tipo de secagem utilizada depende das condições de infra-estrutura e de capitalização de cada produtor.

A secagem em terreiro é ainda o tipo predominante, apresentando, no seu uso exclusivo, a desvantagem de colocar em risco a qualidade do produto final, caso as condições de clima não sejam favoráveis (ocorrência de chuvas, elevada umidade relativa do ar), facilitando o desenvolvimento de microrganismos que podem ser responsáveis pela ocorrência de fermentações indesejáveis (Reinato et al., 2002; Sivetz & Desrosier, 1979; Souza, 2000).

Por outro lado, a secagem em secadores mecânicos permite contornar esses problemas, mas, em razão de necessitar de energia para movimentar o café, aquecer e movimentar o ar, seus custos são bem mais elevados; no entanto, um manejo correto maximiza a eficiência do secador (Reinato et al., 2002).

Durante o processo de secagem, modificações na composição química e física dos grãos poderão ocorrer (cor, aspecto, defeitos, aroma e gosto da bebida, etc.) prejudicando a qualidade do café. Fatores externos, como temperatura, umidade e danos mecânicos, podem alterar a estrutura das membranas, fazendo com que percam a sua organização e a sua seletividade (Amorim, 1977).

A temperatura do ar de secagem é o parâmetro de maior flexibilidade num sistema de secagem em altas temperaturas, influenciando significativamente a taxa e a eficiência de secagem, bem como a qualidade final do produto e, se não for controlada, provoca danos físicos, como descoloração dos grãos, quebras e trincas (Afonso Júnior, 2001; Guida & Vilela, 1996; IBC/GERCA, 1985; Octaviani, 2000; Oliveira et al., 2001; Ribeiro, 2003).

Muitos estudos já foram feitos sobre secagem de café (Castro, 1991; Corrêa et al., 1994; IBC e Andrade, citados por Campos, 1998 e Souza, 2000) e chegaram à conclusão de que, no início da secagem, o teor de água dos grãos impede, com a evaporação, o aumento rápido da temperatura da massa de café, mantendo-a mais baixa do que a do ar quente. Quando o café vai secando, as temperaturas do ar e do café se aproximam, devido à dificuldade de migração da água das partes internas para o exterior dos frutos. O ar aquecido torna menos

eficiente no arrastamento da umidade dos grãos, em face da maior tensão com que a água é retirada. A partir disso, para se obter um café de boa qualidade e um produto de bebida suave, é necessário manter a temperatura de secagem ao redor de 45°C na massa do café (Finzer et al., 1997; Vicent, 1987, citados por Sfredo, 2005).

## **2.5 Alterações físico-químicas provocadas pela secagem**

Em alguns estudos envolvendo a qualidade do café, observou-se que a secagem, quando mal conduzida, compromete a qualidade do produto. Isso pode ser mais bem percebido quando o produto é armazenado por longos períodos, provocando o decréscimo da qualidade da bebida (Afonso Junior, 2001; Bartholo & Guimarães, 1997; Godinho Silva et al., 2001; Leite, 1998; Nobre, 2005).

Oliveira et al. (2001), estudando o efeito de diferentes graus de maturação (bóia, cereja e mistura) e diferentes temperaturas de secagem (45°C, 50°C e 55°C) na qualidade do café arábica, concluíram que as temperaturas de 45°C e 50°C tiveram os melhores resultados na classificação por tipo, índice de coloração e atividade da polifenoloxidase e, em todos os tratamentos, na análise sensorial do café, obteve-se bebida “dura”.

Das características que dependem do aspecto físico dos grãos de café, a cor tem grande importância econômica e interfere decisivamente no processo de comercialização do produto, pois dela dependerão a aceitação ou a rejeição pelo comprador, uma vez que a variação da cor do material pode ser um indicativo de problemas ocorridos durante o processo de preparo, secagem, condições de armazenagem e envelhecimento dos grãos, entre outros (Afonso Júnior, 2001).

A secagem altera a cor dos grãos de café, especialmente nos secadores mecânicos. A utilização de temperaturas superiores a 80°C favorece o surgimento de grãos de cor acinzentada que, ao reabsorverem umidade, sofrem

branqueamento irregular. Por outro lado, a secagem em terreiro, por utilizar apenas temperatura ambiente (baixa), não afeta as características da cor dos grãos, quando comparados aos cafés com temperaturas mais elevadas (Afonso Junior, 2001; Corrêa, 2002; Menchú, 1967; Silva 2001).

A diminuição da qualidade do café está associada com a elevação da acidez, devido, principalmente, ao número de defeitos dos grãos (Franca et al., 2004). A elevação da acidez tem sido atribuída também à fermentação durante o processo de secagem (Carvalho et al., 1989; Carvalho et al., 1994; Miya et al., 1973). Afonso Júnior (2001) afirma que os grãos descascados e despulpados sofreram menor influência da variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez titulável, enquanto os frutos cereja mostraram redução dos índices de acidez com a elevação da temperatura do ar de secagem.

Embora os teores de lipídios nos grãos de café tenham sido muito pouco estudados, alguns autores demonstraram que a qualidade da bebida também está relacionada com os ácidos graxos (Fourney et al., 1982; Multon et al., 1973; Speer et al., 1993; Wajda & Walczyk, 1978). Jham (2000) e Marques (2006) observaram que a acidez graxa diminui quanto menor a temperatura do ar de secagem, independente do tipo de processamento, afetando menos a qualidade da bebida.

Os açúcares também estão relacionados com a qualidade da bebida e as quantidades destes componentes dependem, principalmente, da espécie e do local de cultivo do cafeeiro, além do estágio de maturação dos frutos (Campa et al., 2004). Entretanto, as operações de pós-colheita podem ocasionar variações nos teores de açúcares (Lopes, 2000; Pereira, 1997). A exemplo disso, Afonso Júnior (2001); Marques (2006) e Ribeiro (2003) observaram uma redução dos teores de açúcares reductores com o aumento da temperatura de secagem.

Os testes de lixiviação de potássio e condutividade elétrica têm se apresentado como indicadores consistentes da integridade de membranas celulares; os maiores valores de lixiviação de potássio e condutividade elétrica têm

sido obtidos em grãos de café secados sob temperaturas mais elevadas (Prete, 1992; Reinato, 2003; Ribeiro, 2003).

## **2.6 Principais métodos de armazenamento**

Segundo Tosello (1967), o armazenamento em tulha pode ser feito para o café em coco ou em pergaminho; as tulas podem ser de madeira ou alvenaria. O autor ressalta, ainda, que o armazenamento passa a ser adequado quando se inicia na propriedade, logo após a secagem, havendo uma estabilização interna de seus componentes químicos e homogeneização do teor de água do produto.

Lavoura (1995) observa que, normalmente, não há um volume de tulas suficientes para armazenagem de todo o café e isso faz com que o agricultor beneficie e armazene em sacas, como no processo normal de armazéns. Então, a recomendação feita para o agricultor é a do armazenamento do café em coco, evitando que condições adversas possam prejudicar a qualidade do mesmo, já que as flutuações da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar prejudicam mais a qualidade do café beneficiado (Leite, 1996).

O método de armazenamento em sacaria (convencional) é, sem dúvida, o mais utilizado no Brasil (Giúdice et al., 1969). Durante o armazenamento convencional, os grãos de café perdem a coloração, passando o endosperma da coloração esverdeada para a coloração esbranquiçada. Teixeira et al. (1977), estudando cafés de Angola, verificaram que o branqueamento dos grãos de café beneficiados e armazenados depende da umidade relativa do local de armazenagem e da iluminação, sendo menos freqüente em local de baixa umidade relativa e menos iluminada. A coloração do café medida pelo índice de coloração, é mais acentuada na fase inicial do armazenamento.

Jordão et al. (1974) e Vieira (2001), estudando o armazenamento de café a granel em silos metálicos, não herméticos, com e sem aeração,

concluíram que embora tenha ocorrido variação nos valores médios dos compostos químicos e aumento do teor de água, houve manutenção da sua qualidade e uma melhor preservação. se comparado ao armazenamento tradicional em sacaria.

O uso da atmosfera artificial teve início com os egípcios, que já armazenavam em recipientes hermeticamente fechados. Com os frutos, os primeiros experimentos foram realizados na França, em 1821, por Jacquet Beard. Mas, o grande avanço tecnológico da atmosfera controlada deve-se a Kidd e West, que iniciaram seus estudos em 1918, na Inglaterra (Brackamnn & Chitarra, 1998).

O armazenamento em atmosfera controlada consiste no prolongamento da vida pós-colheita de produtos, por meio da modificação e controle dos níveis dos gases no meio de armazenamento. Já a atmosfera modificada consiste no prolongamento da vida pós-colheita de produtos, pela modificação da atmosfera, geralmente por meio de filme plástico que envolve o produto, porém, sem controle das concentrações dos gases formados ou existentes (White & Leesch, 1996).

O armazenamento hermético é uma das formas de armazenamento em atmosfera modificada mais antiga. Os primeiros pesquisadores a estudarem foram Bailey & Gurjar (1918), que observaram que a respiração do grão aumenta com o teor de umidade. Em seguida, Milner et al. (1947) mostraram que o rápido aumento na produção de dióxido de carbono em grãos com mais de 15% de teor de água foi acompanhado pelo aumento do número de fungos nos grãos.

O princípio básico deste tipo de conservação de grãos é o de eliminar o oxigênio existente no ar do recipiente hermético, de maneira a suprimir o ataque de fungos e insetos. Os recipientes podem ser dos tipos mais variados, indo desde tambores metálicos, a depósitos de alvenaria e cavidades subterrâneas revestidas. As vantagens do armazenamento hermético são: facilidade de uso, eliminação de insetos sem necessidade de recorrer ao uso de pesticida e baixo custo (White & Lessch, 1996).

## **2.7 Alterações físico-químicas provocadas pelo armazenamento**

Para que o café passe a ser ofertado por um longo período, mantendo-se a elevada qualidade inicial, há necessidade de se conhecer as alterações que ocorrem durante o armazenamento sob diferentes condições ambientais e, assim, determinar o controle necessário para sua adequada preservação.

A qualidade comercial do café está associada a um conjunto de fatores que variam desde o aspecto físico até a análise sensorial, os quais dependem muito também das condições de armazenagem (Afonso Junior, 2001; Carvalho & Chalfoun, 1985; Lopez, 2000; Nobre, 2005).

As diversas formas de processamento do café podem alterar sua qualidade e a elevada importância das etapas de secagem e armazenamento na preservação da qualidade. Em função disso, vários autores (Afonso Júnior, 2001; Coelho et al., 2001; Godinho et al., 2001; Guimarães et al., 1997; Leite et al., 1998) observaram que a operação de secagem, relacionada com um tempo maior de armazenamento, utilizando umidades relativas de armazenamento mais elevadas, ocasionou perda de qualidade na bebida, ou seja, houve um aumento dos índices de acidez titulável total e graxa, condutividade elétrica e lixiviação de potássio ao longo do armazenamento, bem como um branqueamento dos grãos (Bacchi, 1962) e baixos teores de açúcares.

Afonso Júnior (2001) verificou, nos frutos e grãos de café, uma redução na composição de açúcares redutores com o aumento do período de armazenamento e da temperatura de secagem e, ainda, com a diminuição da umidade relativa do ar de secagem, independentemente da condição de armazenagem. Já para os teores de açúcares não redutores, foram obtidos melhores resultados durante menor período de tempo. As diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar de secagem pouco influenciaram na composição desses compostos, independentemente da condição de armazenagem.

A cor faz parte dos aspectos físicos. Ela é uma das características que despertam mais a atenção na comercialização, sendo economicamente importante, uma vez que poderá levar à depreciação do produto (Mônaco, 1961; Amorim, 1972).

O branqueamento é um fenômeno muito importante que ocorre nos grãos de café; por meio da mudança de cor, o produto poderá perder sua qualidade comercial. As operações de secagem e armazenamento, quando mal conduzidas, são as principais responsáveis pela ocorrência do fenômeno (Antunes & Sgarbigri., 1979; Leite et al., 1998; Mazzafera et al., 1984; Melo et al., 1980; Oliveira, 1995).

De modo geral, a cor está associada com a qualidade da bebida (Northmore, 1965; Amorim, 1972; Nobre, 2005). Os grãos de café podem apresentar mudanças de cor durante o período de armazenamento, passando de verde-azulado a amarelo-claro, fenômeno conhecido como branqueamento. A intensidade de ocorrência do fenômeno é uma função das condições do ambiente no local em que o produto se encontra armazenado (Afonso Junior, 2001).

Vilela et al. (2000), estudando a alteração de cor de grãos de café durante o armazenamento com quatro condições de temperatura (10°C, 20°C, 30°C e 40°C) e quatro umidades relativas (52%, 67%, 75% e 85%), verificaram que, sob condições constantes, somente a 10°C de temperatura e umidades relativas do ar de até 67%, os grãos de café mantiveram a cor original durante o período de armazenagem.

Avaliando a cor dos grãos de café durante o armazenamento, os autores Bacchi (1962) e Hara (1972) afirmaram que a mudança de coloração depende de diversos fatores, tais como tempo de armazenagem, tipo de embalagem, teor de água, injúrias sofridas pelo produto e umidade relativa do ar, principalmente para valores superiores a 80%.

A acidez graxa faz parte da composição química dos grãos de café, que caracteriza a sua qualidade. Diferenças nos teores de ácidos graxos livres

podem ser encontradas em altos níveis, devido às condições de processamento e armazenagem do produto. Esteves (1960) e Jordão et al. (1974) observaram que, à medida que o período de armazenagem do café aumenta, pior é a qualidade do produto e maior a acidez do óleo.

Vidal (2001), Wajda & Walczyk (1978), estudando a presença dos ácidos graxos (AG) durante armazenamento, observaram que a degradação se dá de forma diferente de um ácido para outro.

Os principais ácidos encontrados no café foram o linoléico e o palmítico e, quando observado o seu comportamento ao longo do armazenamento, apresentaram uma maior quantidade com o aumento do tempo de armazenagem. Além disso, a condição de armazenamento com temperaturas e umidades relativas mais elevadas provoca uma maior deterioração da qualidade do café (Afonso Júnior, 2001; Kurzrock et al., 2004).

A lixiviação de potássio e a condutividade elétrica são fatores importantes para a caracterização da qualidade da bebida; um aumento desses valores corresponde à perda de qualidade do produto. A degeneração das membranas celulares, provocando a perda dos constituintes dos grãos, é a principal responsável pelo fenômeno. Isso pode ser mais bem observado com o aumento das quantidades de exsudados determinados na água de embebição (Lin, 1988; Marcos Filho et al., 1990; Prete, 1992; Schoettle & Leopold, 1984; Woodstock, 1973). Observando o comportamento da lixiviação de potássio e condutividade elétrica, durante o armazenamento, vários autores (Godinho et al., 2000; Coelho et al., 2001 e Nobre, 2005) concluíram que, com o aumento do tempo de armazenagem, ocorre uma maior deterioração das membranas celulares e, por consequência, um aumento significativo das quantidades de íons lixiviados e da condutividade elétrica. Estes valores foram maiores quando observados para o café beneficiado.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local da realização do experimento**

O trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia e no Pólo de Tecnologia em Pós-Colheita do Café da Universidade Federal de Lavras.

### **3.2 Processamento do café**

O café foi colhido manualmente e de forma seletiva, retirando-se da planta somente os frutos cereja. Para cada repetição, foram colhidos 800 litros de café da variedade Topázio. Toda a matéria-prima foi uniformizada por meio da lavagem, separação e seleção manual dos cafés verdes, verde-cana, passa e bóia. Em seguida, cerca de 150 litros do café cereja foram levados diretamente para o terreiro, constituindo a parcela de café natural. Para a obtenção do café despulpado, cerca de 350 litros do café cereja foram descascados (Figura 1). Em seguida, 150 litros de café com pergaminho foram colocados em um tanque de fermentação (Figura 2), onde permaneceram por um período de 20 horas. Uma amostra da água do despulpamento foi coletada para a determinação do pH e da temperatura. Após o período de 20 horas, o café foi lavado para a retirada da mucilagem remanescente. O fluxograma referente ao processamento do café está apresentado na Figura 3.



FIGURA 1 Processo de descascamento do café



FIGURA 2 Processo de despulpamento do café.

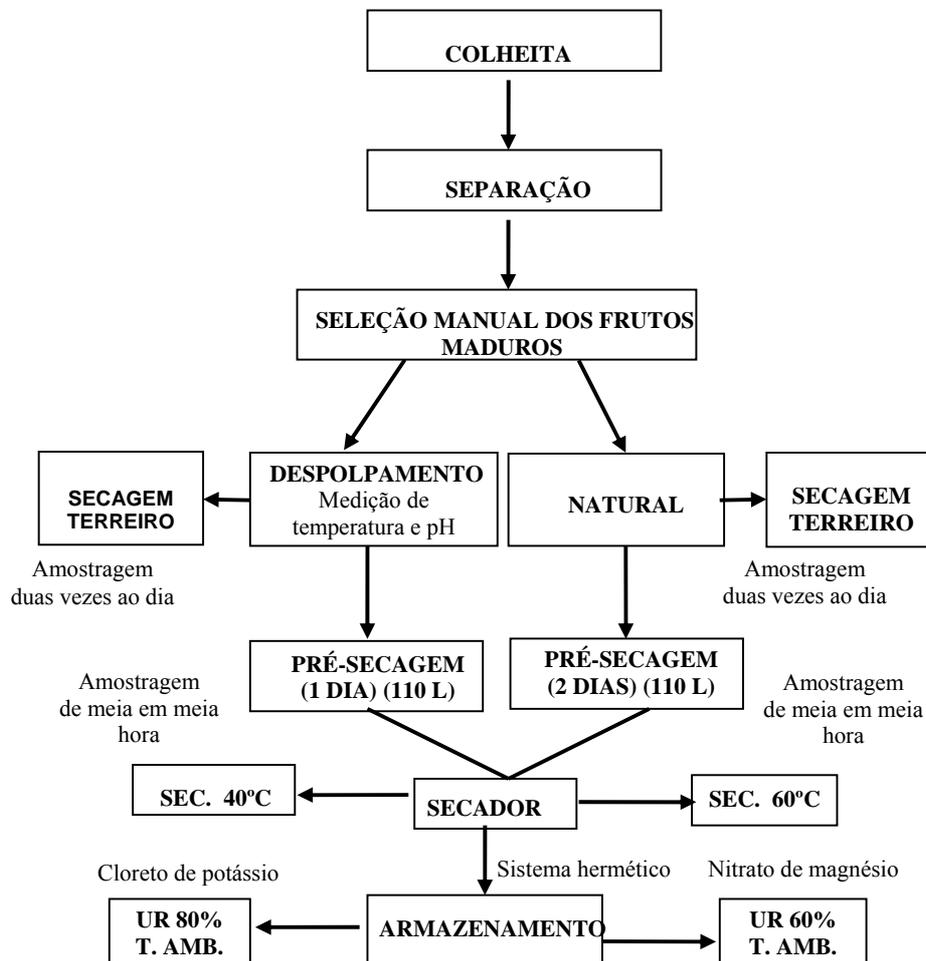


FIGURA 3 Fluxograma do processamento, desde a colheita até o armazenamento do café.

### 3.3 Secagem do café

O café natural e o café despulpado foram divididos em parcelas distintas no terreiro (Figura 4), onde o natural permaneceu por dois dias e o despulpado por um dia, para que os frutos fossem levados para a secagem mecânica com

as mesmas condições ambientais de umidade relativa. Durante o tempo em que o café permaneceu no terreiro, foram realizados revolvimentos de meia em meia hora e monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar ambiente, por meio do termoigrógrafo.



FIGURA 4 Secagem dos cafês natural e despulpado em terreiro.

A secagem mecânica foi conduzida em dois protótipos de camada fixa (Figura 5). Para a obtenção do fluxo de ar, utilizou-se um diafragma com abertura graduada na entrada do ventilador. A velocidade média do ar foi medida por meio de um anemômetro de pás nas extremidades e no centro da entrada do plenum e, acima da chapa perfurada do plenum (Figura 5), sem a presença da massa de café. Devida à baixa pressão estática fornecida pela massa de café nestes secadores protótipos, desconsideraram-se os efeitos de perda de carga pelo fluxo de ar.



FIGURA 5 Vista frontal dos secadores protótipos de camada fixa

O fluxo de ar foi regulado para  $20\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{m}^{-2}$ , de acordo com Ribeiro (2003), obtido segundo a equação 1.

$$\Phi = Q/A \quad \text{equação 1}$$

em que:

$\Phi$ : fluxo de ar ( $\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{m}^{-2}$ )

v: vazão do ar ( $\text{m}^3/\text{min}^{-1}$ )

A: área da entrada do plenum,  $0,0318 \text{ m}^2$

Durante a secagem, foram monitorados, periodicamente: a temperatura na massa de café, a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente. As temperaturas da massa de café foram medidas a cada 30 minutos, por meio de termopares tipo J (Figura 6) colocados no centro da massa, em cada divisão da câmara de

secagem (Figura 7). Para minimizar uma possível diferença de temperatura entre as quatro divisões, devido à posição das resistências no plenum, foi realizado um rodízio das amostras a cada uma hora.

**Termopares  
(tipo J)**

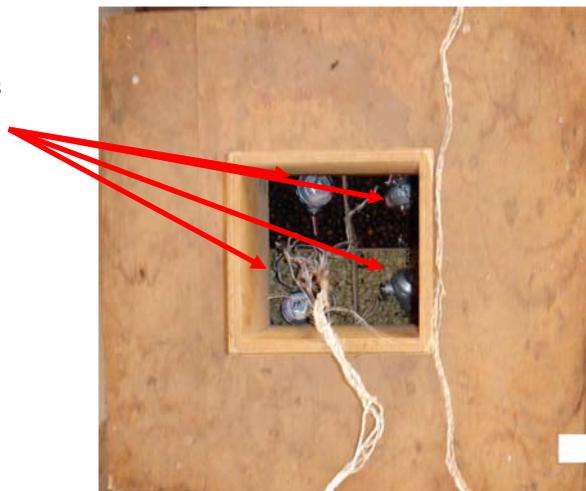


FIGURA 6 Vista superior do secador protótipo.

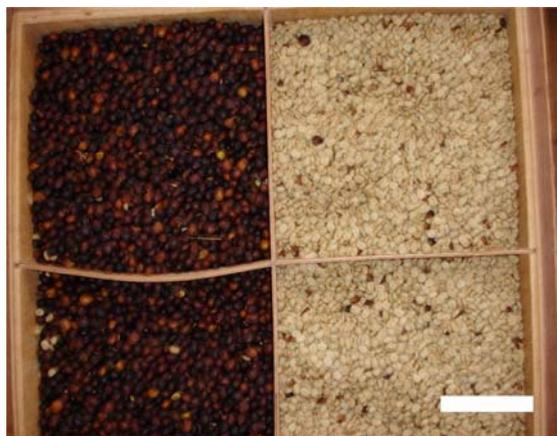


FIGURA 7 Vista superior do secador de camada fixa (divisórias com os cafés natural e despoldado).

As amostras para a determinação do teor de água do café, em terreiro, foram coletadas no final do período da manhã e no final da tarde, durante os cinco primeiros dias, e, depois, diariamente no final da tarde, até atingir o teor de água de armazenamento de 11% (b.u.). Na secagem mecânica, foram coletadas amostras para a determinação do teor de água de hora em hora. A determinação do teor de água foi realizada pelo método padrão de estufa a  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas (Brasil, 1992).

Para acompanhar o teor de água na massa de grãos, utilizou-se o medidor de umidade G-600. A cada uma hora de secagem, coletou-se uma amostra para beneficiamento e determinação do teor de água. Quando a massa de café atingiu o teor de água de 11% (b.u.), a secagem foi interrompida. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, até o momento do beneficiamento, para a realização das análises químicas e sensoriais e para a caracterização da qualidade do café.

### **3.4 Armazenamento do café**

Depois da secagem mecânica e ou em terreiro, o café com teor de água de 11% (b.u.) foi acondicionado em sacos de juta de 5 kg e armazenado, de forma hermética, em dois contêineres (Figura 8), com umidades relativas controladas de 60% e 80%. Os contêineres ficaram em ambiente com temperatura controlada por meio de um condicionador de ar ( $\pm 21$  a  $\pm 23^{\circ}\text{C}$ ), durante todo o tempo de armazenamento.

Para garantir o controle das umidades relativas (60% e 80%), foram utilizados dois tipos de sais, nitrato de magnésio (equilibra a atmosfera em 60% de umidade relativa) e cloreto de potássio (equilibra a atmosfera em 80% de umidade relativa). O ar circulou continuamente pela massa de grãos e pelos sais no sistema fechado.

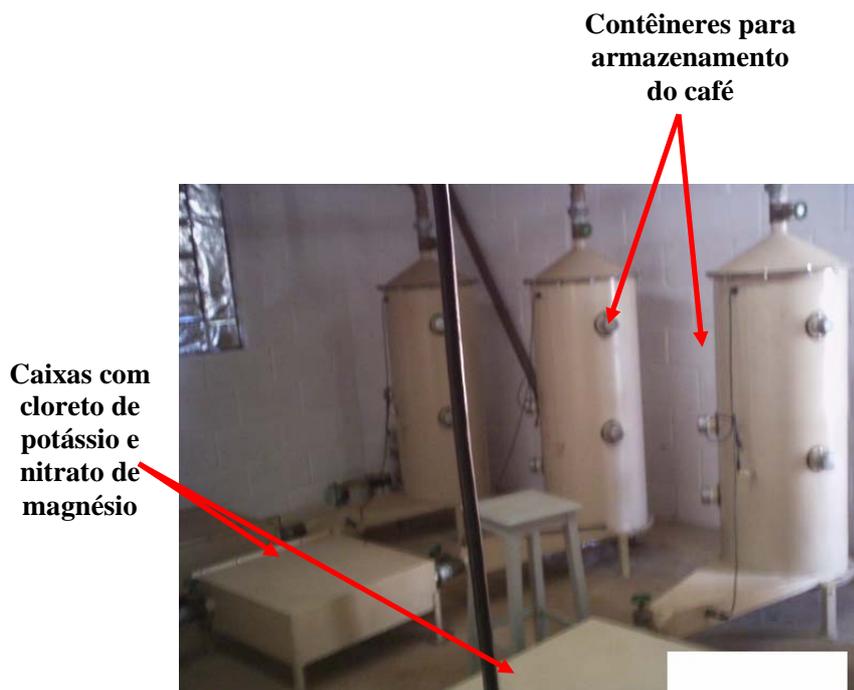


FIGURA 8 Armazenamento do café

As umidades relativas e temperaturas do ar em atmosfera controlada foram medidas diariamente pelo turno da manhã, durante o tempo de armazenamento. Para medir e controlar os sistemas de armazenamento (umidades relativas e temperaturas) foi utilizado um aparelho digital da marca Higrotemp 90.

### 3.5 Caracterização da qualidade do café

#### 3.5.1 Número de defeitos

Os defeitos foram determinados pela separação manual de 300 gramas de amostra, de acordo com a Instrução Normativa nº 08 (Brasil, 2003). Os dados foram expressos em número de defeitos, de acordo com a tabela de equivalência de defeitos.

### **3.5.2 Análise sensorial**

A análise sensorial do café foi realizada na Fazenda Monte Alegre S/A, de Alfenas, MG. Para realização da análise sensorial, foram retirados os defeitos de 300g de amostra de café e analisados por três provadores especializados da *Brazil Specialty Coffee Association* (BSCA), que receberam todas as amostras codificadas.

A metodologia utilizada foi a do “Cup of Excellence” (CoE), de 1997, indicada por George Howell, na qual cada atributo sensorial (corpo, aroma, acidez, doçura, balanço, bebida limpa e sabor característico) recebeu uma nota de acordo com a intensidade dele nas amostras, sendo, por isso, mais objetiva que a prova de xícara. As amostras receberam notas de 0 a 8 para cada atributo sensorial, em uma escala de pontos (BSCA, 2005).

Por meio da escala de pontos, os degustadores avaliaram o aroma do café em três partes: pó seco, crosta e infusão e anotaram, em um espaço reservado para observações pessoais, as nuances e aromas diferenciados encontrados. Em seguida, foram avaliados os atributos de bebida limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, sabor remanescente, balanço ou equilíbrio e nota geral, resultando em uma contagem de pontos que indicaram os cafés de melhor qualidade.

### **3.5.3 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia recomendada por Kryzyanowski et al. (1991). Foram utilizados 50 grãos sem defeitos visíveis de cada amostra, os quais foram pesados (precisão de 0,001g) e imersos em 75 mL de água deionizada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. A seguir, estes recipientes foram colocados em estufa ventilada regulada para 25°C, por 5 horas, procedendo-se à leitura da

condutividade elétrica da solução em aparelho DigimeD CD-20. Com os dados obtidos, foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de amostra.

#### **3.5.4 Lixiviação de potássio**

A lixiviação dos íons de potássio foi realizada nos grãos crus, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções foram submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviado. A leitura foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK-2002. Com os dados obtidos, foi calculado o potássio lixiviado, expressando-se o resultado em ppm.

#### **3.5.5 Acidez titulável total**

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, adaptando-se a metodologia citada por AOAC (1990). Foram pesados 2 gramas da amostra de café moído e adicionados 50 mL de água destilada, agitando-se por 1 hora. Em seguida, realizou-se a filtração em papel de filtro e retiraram-se 5 mL da solução filtrada, colocando-a em um erlenmeyer com cerca de 50 ml de água destilada. Acrescentaram-se 3 gotas de fenolftaleína e, em seguida, titulou-se até a viragem com NaOH 0,1N. O resultado foi expresso em mL de NaOH 0,1 N por 100g de amostra.

#### **3.5.6 Acidez graxa**

A acidez graxa foi determinada por titulação, de acordo com o método 02-02 A, ou método rápido de acidez graxa, descrito pela AACC (1995). Foram pesados 40g da amostra de café moído e adicionados 100 mL de tolueno,

colocando-se para agitar durante 1 hora e 30 minutos. Em seguida, realizou-se a filtração com papel de filtro. Misturaram-se, em um béquer, 25 mL da solução filtrada com 25 mL de álcool mais fenolftaleína e, depois, titulou-se a solução com KOH até atingir-se o ponto de viragem. O resultado da acidez graxa foi expresso em mL de KOH por 100g de MS, calculado de acordo com as equações 2 e 3.

$$PS = (1 - U(\text{b.u.})) \times 40g \quad \text{equação 2}$$

em que:

PS: peso da amostra seca (g);

U(b.u.) : umidade base úmida %

$$AG = \frac{V \times 100}{PS} \quad \text{equação 3}$$

em que:

V: volume gasto de KOH na titulação da mistura (extrato + indicador) em mL;

AG: acidez graxa (mL de KOH/100 g de MS).

### **3.5.7 Açúcares totais e redutores**

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, descrito pela AOAC (1990). Os açúcares não-redutores foram encontrados pela diferença entre os totais e os redutores. Os valores foram expressos em porcentagem.

### **3.5.8 Avaliação da cor**

O índice de coloração foi determinado pelo aparelho chamado colorímetro Minolta CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a e b, descritas por

Nobre (2006). As amostras foram colocadas em placas de Petri e, para cada repetição, foram realizadas cinco leituras nos quatro pontos cardeais e uma no ponto central da placa.

### **3.5.9 Sólidos solúveis totais**

Os sólidos solúveis totais foram determinados em refratômetro de bancada ABBE, modelo 2 WAJ, conforme as normas da AOAC (1990).

### **3.6 Tratamentos e delineamento experimental**

Foram realizados três experimentos e para cada um foram feitas três repetições. No primeiro experimento (qualidade dos cafés natural e despulpado após secagem em terreiro e com ar aquecido de 40°C e 60°C) foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 3. Os tratamentos foram: dois tipos de cafés (natural e despulpado) e três sistemas de secagem (terreiro, temperatura 40°C e temperatura 60°C).

No segundo experimento (qualidade dos cafés natural e despulpado durante o armazenamento com umidade relativa de 60%) foi utilizado o delineamento em parcelas subdivididas no tempo, o esquema fatorial foi 2 x 3 x 3, sendo os tratamentos dois tipos de cafés (natural e despulpado), três sistemas de secagem (terreiro, temperatura 40°C e temperatura 60°C) e três tempos de armazenamento (zero, 60 dias e 180 dias).

O terceiro experimento (qualidade dos cafés natural e despulpado durante o armazenamento entre as condições de 60% e 80% de umidade relativa) caracterizou-se por um delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 3 x 2. Os tratamentos foram dois tipos de cafés (natural e despulpado), três sistemas de secagem (terreiro, temperatura 40°C e temperatura 60°C) e

duas condições de armazenamento (60% e 80% de umidade relativa).

Os dados obtidos foram analisados pelo programa computacional Sisvar 4.0, segundo Ferreira (2000) e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização das condições experimentais de secagem

Os valores médios da temperatura e umidade relativa do ar ambiente, na entrada do secador e os teores de água inicial e final do café em terreiro e com ar aquecido 40°C e 60°C, para cada tratamento e nas três repetições, são apresentados na Tabela 1.

Os valores da temperatura e da umidade relativa do ar de entrada do secador referem-se aos valores médios diários coletados durante a secagem mecânica, com ar aquecido de 40°C e 60°C na massa de café. Observa-se, na Tabela 1, que os dados das umidades relativas e temperaturas do ar médias foram semelhantes para todos os testes, variando de 49% a 61% (b.u.) e de 20,23°C a 23,43°C, respectivamente. Para a secagem em terreiro, a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente foram de 20,53°C a 24,1°C e 46% a 66% (b.u.), respectivamente, para todas as repetições.

Observa-se, na Tabela 1, que o teor de água inicial do café despulpado variou de 50,78% a 57,66% (b.u.) e, após a secagem, o teor de água foi de 10,15% (b.u.). Para o café natural, observaram-se, no início da secagem, teores de água na faixa de 58,60% a 65,60% (b.u.), chegando à umidade média de armazenamento com teores de água de 12% (b.u.).

Antes que o café passasse por uma secagem com ar aquecido a 40°C e 60°C, foi feita uma pré-secagem de um dia em terreiro para o café despulpado e, dois dias para o natural, para que os dois tipos de cafés entrassem na secagem mecânica nas mesmas condições ambientais, perdendo, em média, cinco pontos percentuais de teor de água. Observou-se que o café natural iniciou a secagem no secador com teor de água variando de 43,08% a 50,95% (b.u.), alcançando o teor de água média de armazenamento com 11,03% (b.u.), enquanto que o café

despolpado iniciou com teores de água na faixa de 38,71% a 40,42% (b.u.), chegando ao teor de água médio de armazenamento com 10,56% (b.u.).

TABELA 1 Valores médios das condições do produto e do ar ambiente para os tratamentos, nas três repetições.

Rep.	Café	Temperatura da massa (°C)	Fluxo de ar (m <sup>3</sup> /min.m <sup>2</sup> )	Teor de água (%) b.u.		Condições médias do ar na entrada do secador	
				Início	Final	Temperatura. (°C)	UR (%)
I	Despolpado	60	20	41,34	11,35	20,76	61
	Natural	60	20	50,11	11,15	20,76	61
	Despolpado	40	20	41,34	12,00	20,23	59
	Natural	40	20	50,95	12,22	20,23	59
	Despolpado	-	terreiro	50,78	9,33	-	-
	Natural	-	terreiro	61,38	11,79	-	-
II	Despolpado	60	20	40,12	9,33	21,54	55
	Natural	60	20	43,08	9,49	21,54	55
	Despolpado	40	20	38,71	11,12	21,89	54
	Natural	40	20	43,87	12,22	21,89	54
	Despolpado	-	terreiro	51,97	10,74	-	-
	Natural	-	terreiro	58,60	12,94	-	-
III	Despolpado	60	20	41,76	9,12	23,22	49
	Natural	60	20	45,72	11,81	23,22	49
	Despolpado	40	20	40,42	11,27	23,43	51
	Natural	40	20	46,07	12,57	23,43	51
	Despolpado	-	terreiro	57,66	11,04	-	-
	Natural	-	terreiro	65,60	11,65	-	-

## 4.2 Curvas de secagem

Analisando-se as curvas de secagem (Figuras 9), observa-se que, para todas as repetições, as variações dos teores de água foram semelhantes durante o tempo de secagem, nos respectivos tratamentos. De maneira geral, o tempo total de secagem do café despulpado foi menor que do café natural, ou seja, o café despulpado chegou ao teor de água de armazenamento (11% b.u.) com 168 horas de secagem, enquanto o café natural levou, aproximadamente, 264 horas, com exceção da secagem do café natural, na repetição três, que precisou de 240 horas. As diferenças observadas entre as repetições podem ser justificadas pelo fato das condições climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) variarem entre os diferentes períodos da realização da secagem.

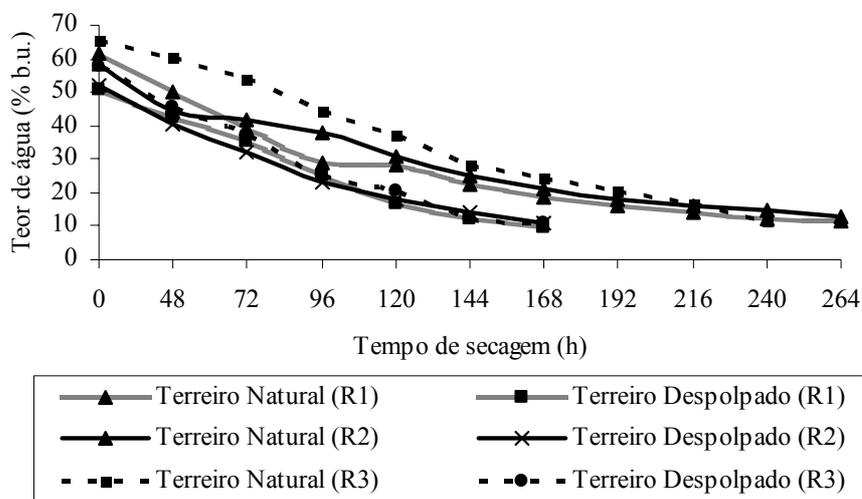


FIGURA 9 Variações dos teores de água, durante a secagem em terreiro, do café natural e do despulpado, repetições 1, 2 e 3.

Na secagem mecânica, com temperaturas de 40°C e 60°C, para os cafés natural e despolpado (Figuras 10,11 e 12), observa-se que a secagem a 60°C foi a mais rápida, independente do tipo de processamento. O tempo médio de secagem para o café despolpado é de 9,5 horas, enquanto que, para a secagem do café natural, foram necessárias 21 horas. O tempo médio de secagem do café despolpado com a temperatura de 40°C foi de 22,3 horas e do café natural de 63,3 horas.

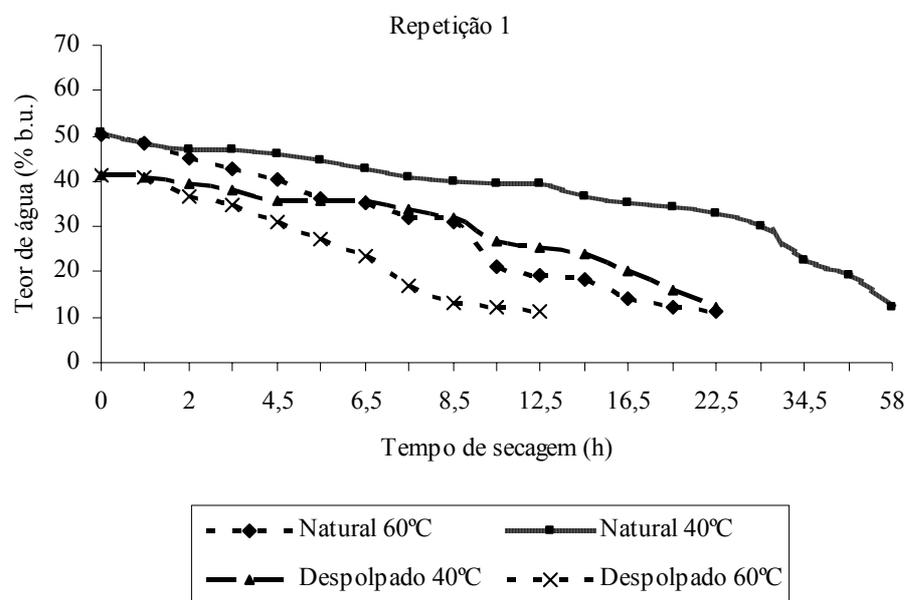


FIGURA 10 Variações dos teores de água, durante a secagem mecânica com temperaturas de 40°C e 60°C, para o café natural e o despolpado, repetição 1.

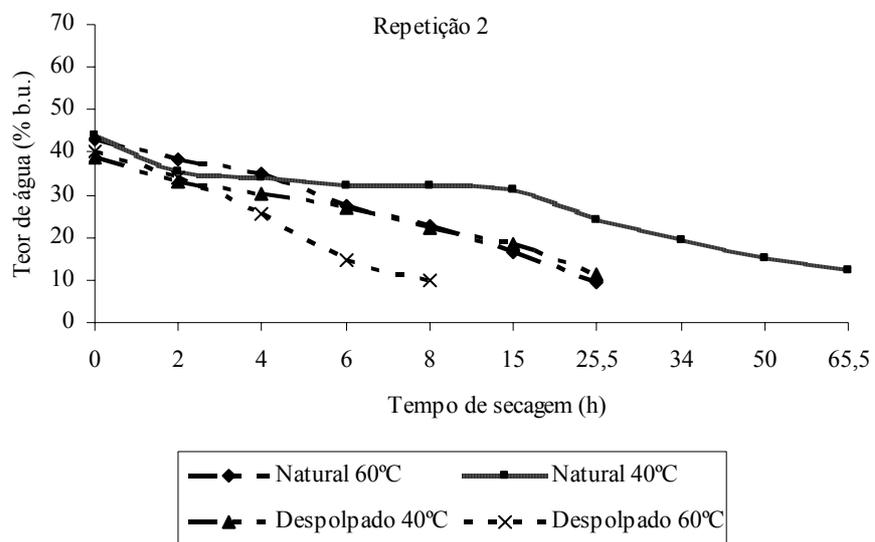


FIGURA 11 Variações dos teores de água, durante a secagem mecânica com temperaturas de 40°C e 60°C, para o café natural e o despolpado, repetição 2.

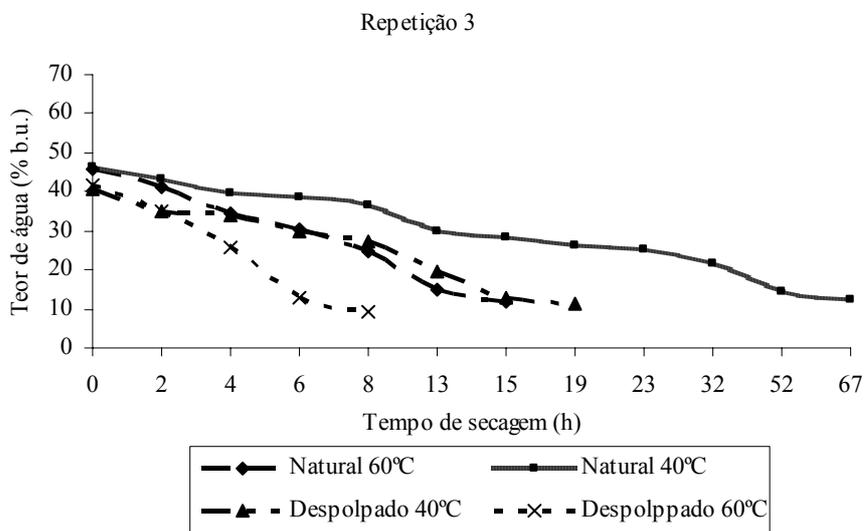


FIGURA 12 Variações dos teores de água, durante a secagem mecânica com temperaturas de 40°C e 60°C, para o café natural e o despolpado, repetição 3.

O tempo de secagem é influenciado pela temperatura de secagem, de tal forma que, quanto maior a temperatura de secagem, menor é o tempo para completar a secagem, independente do tipo de processamento.

#### 4.3 Qualidade dos cafés natural e despulpado após secagem em terreiro e com ar aquecido a 40°C e 60°C

Os efeitos do tipo de secagem e dos tipos de processamentos na condutividade elétrica e lixiviação de potássio estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que a interação secagem\*processamento foi significativa, a 1% de probabilidade.

TABELA 2 Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) e lixiviação de potássio (ppm), para os cafés natural e despulpado, em função dos tipos de secagem.

Tipos de secagem	Condutividade elétrica		Lixiviação de potássio	
	Tipo de processamento		Tipo de processamento	
	Natural	Despulpado	Natural	Despulpado
Terreiro	114,00 A b	85,67 A a	28,67 A b	23,33 A a
40°C	130,00 B b	93,33 B a	40,00 B b	32,00 B a
60°C	230,00 C b	215,80 C a	66,33 C a	68,33 C a

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e variável analisada, maiúsculas nas colunas para cada tipo de processamento e variável analisada, não diferem entre si, a 1% de probabilidade. CV (%) = 2,24 para a condutividade elétrica e CV (%) = 5,80 para a lixiviação de potássio.

Verifica-se que houve um aumento significativo ( $P < 0,01$ ) da condutividade elétrica e da lixiviação de potássio, em função do aumento da temperatura de secagem.

Como observado por outros autores (Marques, 2006; Oliveira, 2002; Prete, 1992; Reinato, 2002 e Ribeiro, 2003), as quantidades de íons lixiviados têm ocorrido, principalmente, devido às altas temperaturas de secagem, interferindo na

integridade das membranas celulares. O mesmo ocorre com a condutividade elétrica. Observa-se também que os maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio foram observados para o café natural. A análise dos açúcares redutores e totais, em função dos tipos de secagem e processamentos do café, está apresentada na Tabela 3. Observa-se que a interação secagem\*processamento foi significativa a 1% de probabilidade.

TABELA 3 Valores médios dos açúcares redutores (%) e açúcares totais (%), para os cafés natural e despulpado em função do tipo de secagem.

Tipos de secagem	Açúcares redutores		Açúcares totais	
	Tipo de processamento		Tipo de processamento	
	Natural	Despulpado	Natural	Despulpado
Terreiro	0,85 C b	0,47 C a	8,00 A a	8,00 B a
40°C	0,64 B b	0,35 B a	8,33 A a	8,33 B a
60°C	0,57 A b	0,27 A a	8,00 A b	7,33 A a

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e variável analisada, maiúsculas nas colunas para cada tipo de processamento e variável analisada, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, para os açúcares redutores e os açúcares totais. CV (%) = 7,22 para os açúcares totais e CV (%) = 5,52 para os açúcares redutores.

Pode-se observar, pelos dados da Tabela 3, que o aumento na temperatura de secagem influenciou nos menores valores de açúcares redutores, para todos os tratamentos. Entretanto, os açúcares totais não foram significativos com o aumento da temperatura de secagem para o café natural, porém, para o despulpado, foram significativos. Estes resultados são semelhantes àqueles obtidos por Marques (2006) e Ribeiro (2003), que observaram maiores valores de açúcares nos cafés secados com temperaturas de secagem mais baixas, correspondendo aos menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, indicadores da integridade das membranas celulares.

Entre os tipos de processamento, o café natural apresentou maiores teores de açúcares redutores, em relação ao café despulpado. Isso pode ser justificado

pela presença da casca e da mucilagem no café durante a secagem, a qual é rica em açúcares, podendo ocorrer translocações desses componentes químicos para o interior do grão.

Os valores médios de acidez titulável total, em função dos tipos de secagem e processamentos, estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que a interação secagem\*processamento foi significativa ( $P < 0,01$ ).

Observa-se, na Tabela 4, que a acidez titulável total aumentou gradativamente com a elevação da temperatura de secagem, independente do tipo de processamento.

TABELA 4 Valores médios de acidez titulável total (NaOH 0,1N/100g), para os cafés natural e despulpado, em função do tipo de secagem.

Tipos de secagem	Processamento	
	Natural	Despulpado
Terreiro	179,67 A a	175,33 A a
40°C	171,33 A a	179,67 A a
60°C	216,67 B a	208,33 B a

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade. CV (%) = 7,50

Afonso Junior (2001) observou o aumento da acidez titulável no café natural em função da fermentação da mucilagem sobre a acidificação dos grãos. Calle (1963) constatou a alteração da composição original dos grãos, em função dos processos fermentativos que ocorreram com os ácidos. Leite (1991) observou redução na acidez dos grãos como consequência do despulpamento do café cereja.

No entanto, no presente trabalho, pode-se dizer que o aumento da acidez titulável total pode ter ocorrido, principalmente, devido às concentrações de ácidos provenientes das degradações provocadas pela temperatura de secagem. A temperatura de secagem de 60°C compromete as estruturas das membranas celulares que levam o café à fácil deterioração. Afonso Júnior (2001)

observou redução dos índices de acidez titulável total com a elevação da temperatura do ar de secagem.

Estes valores observados na Tabela 4 estão próximos daqueles encontrados por Lopes (2000) e Reinato (2003), de 220,00 a 225,00 mL de NaOH 0,1N/100g.

Na Tabela 5 estão apresentados os efeitos dos tipos de secagem e processamentos sobre a acidez graxa do café. Observa-se que houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre a interação secagem\*processamento.

Verifica-se que houve aumento significativo ( $P < 0,01$ ) da acidez graxa, em função do aumento da temperatura de secagem, para cada tipo de processamento.

TABELA 5 Valores médios de acidez graxa (KOH 0,1N/100g), para os cafés natural e despulpado, em função do tipo de secagem.

Tipos de secagem	Processamento	
	Natural	Despulpado
Terreiro	0,77 A b	0,61A a
40°C	1,22 B b	1,08 B a
60°C	2,61 C b	1,54 C a

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade. CV (%) = 18,57

As altas temperaturas de secagem e as elevadas taxas de redução de água estariam degradando a estrutura do café e as membranas celulares, provocando extravasamento e oxidações nos óleos, elevando os níveis de ácidos graxos. Marques (2006), estudando a acidez graxa em função de períodos de pré-secagem e temperaturas de secagem, observou elevados níveis de acidez graxa com o aumento da temperatura de secagem.

Soares (2003), estudando a acidez graxa em sementes de soja submetidas a altas temperaturas de secagem, verificou maiores deteriorações pela ocorrência de maiores teores de acidez graxa, em sementes submetidas à secagem drástica.

Para os tipos de processamento, o café natural apresentou os maiores

valores de acidez graxa ( $P < 0,01$ ), independente do tipo de secagem. Esta explicação é semelhante à feita para a acidez titulável total comentada anteriormente. Afonso Junior (2001), estudando teores de gordura em função do teor de água e temperatura do ar de secagem, observou maiores valores para o café natural. Uma provável explicação para tal acontecimento, de acordo com Carvalho et al. (1997), seria o fato de que os óleos dos grãos de café em condições de aquecimento e na presença de ácidos (maiores quantidades no café natural) podem ser hidrolisados para glicerol e ácidos graxos, sendo estes últimos parcialmente volatilizados.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados dos tipos de secagem em relação ao processamento dos cafés natural e despulpado, para as análises dos sólidos solúveis. Verifica-se que a interação secagem\*processamento foi significativa, a 1% de probabilidade.

No entanto, os dados observados são poucos consistentes e, por isso, são de difícil interpretação e pouco conclusivos. Os autores (Lopes, 2000 e Pinto et al., 2002), estudando sólidos solúveis em grãos de café, observaram diferenças significativas somente em café torrado.

TABELA 6 Valores médios de sólidos solúveis (%), para os cafés natural e despulpado, em função do tipo de secagem.

Tipos de secagem	Processamento	
	Natural	Despulpado
Terreiro	30,00 A B a	29,00 A a
40°C	33,00 B b	27,00 A a
60°C	26,00 A a	33,33 A b

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade. CV (%) = 10,32

Pelos dados da Tabela 7, observa-se que houve diferença significativa, a 1% de probabilidade, na interação secagem\*processamento.

Diversos autores têm observado que a composição química e a classificação da bebida do café dependem muito do número de defeitos presentes na amostra (Chagas, 2003 e Pereira, 1997). Antes de se realizar a análise sensorial deste trabalho, os defeitos foram retirados.

Os valores obtidos na análise sensorial dos cafés natural e despulpados, em relação aos tipos de secagem, estão apresentados na Tabela 7. Verifica-se que o aumento da temperatura de secagem proporcionou ao café natural as menores notas de análise sensorial. Para a secagem em terreiro, do café natural, foram obtidas as melhores notas, enquanto que para o café secado com temperatura de 60°C, as piores. Isso, dentre outros motivos, deve-se aos menores valores de condutividade elétrica, lixiviação de potássio, acidez titulável, acidez graxa e aos maiores valores de açúcares redutores e totais. Deve-se lembrar que a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio são indicadores da integridade das membranas celulares e os açúcares estão envolvidos nos mecanismos de proteção às membranas. Pode-se considerar que a secagem em terreiro poderá contribuir para o desenvolvimento de mecanismos protetores às membranas celulares, preservando também a integridade desta e, conseqüentemente, mantendo a qualidade do café.

TABELA 7 Valores médios da nota geral da análise sensorial, para os cafés natural e despulpado, em função do tipo de secagem.

Tipos de secagem	Processamento	
	Natural	Despulpado
Terreiro	74,33 C a	80,89 A b
40°C	72,22 B a	80,33 A b
60°C	68,11 A a	79,67 A b

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade. CV (%) = 4,79

O café despulpado, quando comparado com o natural, apresentou um café de melhor sabor e aroma. Em estudos realizados por Brando (1999), Cortez et al. (1997) e Vilela (2002) sobre a qualidade do café preparado sob diferentes métodos de processamento, foi relatada características superiores da bebida para os cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural.

Os resultados dos efeitos de secagem, em relação ao tipo de processamento para análise da cor do café, estão apresentados na Tabela 8. Na análise quantitativa das cores, observa-se que a interação entre secagem\*processamento foi significativa, a 5% de probabilidade.

A coordenada (L) mede a luminosidade ou, então, o fenômeno denominado branqueamento. As cores que indicam o fenômeno são o claro e o escuro, ou seja, quanto mais claro, maior é o branqueamento. A coordenada (a) indica a cromaticidade por meio das cores verde e avermelhada. Quanto mais verde o café, ele estará mais próximo das características iniciais do produto.

Verifica-se que as interações entre processamento e secagem não apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis da coordenada (L) e (a). Mas, observa-se que, para os valores da coordenada (b), os efeitos de processamento e secagem foram afetados significativamente, a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

A coordenada (b) tem a função de medir a saturação dos grãos, obtida pelas cores amarelo e azul. A cor amarela indica que os grãos sofreram mais os efeitos negativos dos tipos de secagem e processamentos, enquanto a cor azul mostra que o produto conservou melhor as qualidades iniciais.

TABELA 8 Valores médios das coordenadas (L, a, b), para os cafés natural e despulpado, em função do tipo de secagem.

T.S. <sup>1</sup>	(L)		(a)		(b)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	45,93 A a	46,07 A a	0,91A a	0,93 A a	14,07 A b	11,53 A a
40°C	46,00 A a	45,07 A a	1,00 A a	0,93 A a	13,87 A b	11,93 A B a
60°C	46,20 A a	46,47 A a	0,97 A a	1,03 B a	13,47 A a	12,67 B a

Médias seguidas pela letra minúscula na linha, para cada tipo de secagem e variável analisada, maiúsculas nas colunas para cada tipo de processamento e variável analisada, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, para cor (b). CV (%) = 5,70 para a coordenada (L); CV (%) = 9,22 para a coordenada (a) e CV (%) = 9,64 para a coordenada (b). T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despulpado.

Observa-se, pelos dados da Tabela 8, que os maiores valores de coordenada (b), quando comparados entre processamentos, foram observados para o café natural (cor mais amarelada) e os maiores efeitos foram provocados pela secagem com temperatura de 40 °C e 60°C. Segundo Afonso Junior (2001), Corrêa et al. (2002), Menchú (1967) e Silva (2001) a secagem em terreiro, por utilizar apenas temperaturas ambientes (baixas), afeta muito menos as características da cor dos grãos, quando comparada com a secagem com temperaturas elevadas em secador.

#### 4.4 Caracterização das condições experimentais de armazenamento

Os valores médios de temperaturas e umidades relativas durante o armazenamento dos cafés natural e despulpado secados em terreiro e com ar aquecido a 40°C e 60°C estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios de temperatura e umidade relativa de armazenamento do café, obtidos durante os 180 dias.

Temperatura de armazenamento		Umidade relativa 60%		Temperatura de armazenamento		Umidade relativa 80%	
Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
21,8 °C	22,5°C	63,8%	64,6%	22,1°C	22,8°C	84,6%	85,4%

Observa-se, pelos dados da Tabela 9, que, durante o tempo de armazenamento, as temperaturas de entrada e saída do armazenamento ficaram entre 21,8°C e 22,8°C, com uma variação média de 1°C. Por outro lado, as umidades relativas de armazenamento mantiveram-se na faixa de 63,8% a 64,6%, para a condição de equilíbrio de 60% de umidade relativa e de 84,6% a 85,4%, para a condição de 80% de umidade relativa. Estes valores estão de acordo com os resultados obtidos por Afonso Junior (2001), que avaliou o teor de água de equilíbrio dos cafês cereja, descascado, despulpado e beneficiado.

Os valores médios do teor de água do café armazenado sob as condições controladas de 60% e 80% de umidade relativa encontram-se na Figura 13.

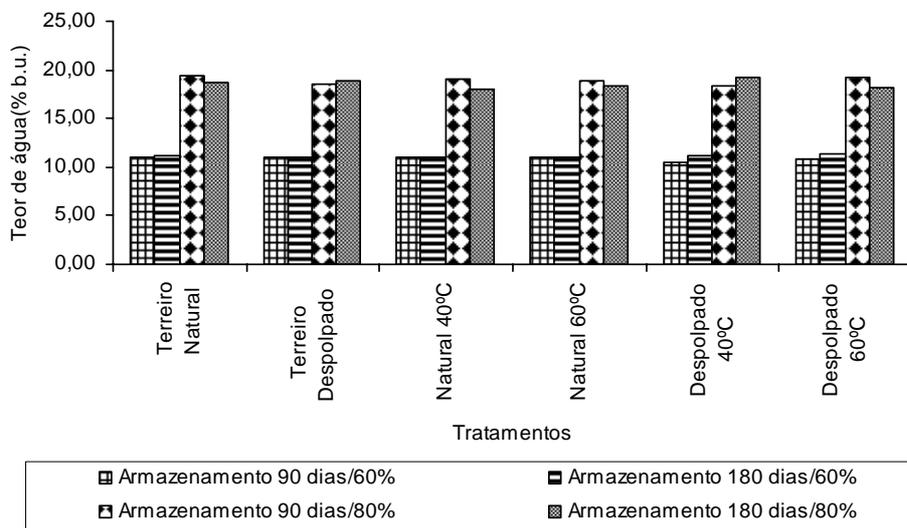


FIGURA 13 Valores médios do teor de água do café armazenado durante 90 e 180 dias, nas condições controladas de 60% e 80% de umidade relativa, para todos os tratamentos.

Observa-se, pela Figura 13, que os teores de água dos grãos de café variaram durante o tempo de armazenamento, para as condições de 80% de umidade relativa. Verifica-se que, ao determinar os teores de água aos 90 dias de armazenamento, os grãos já haviam entrado em equilíbrio com a umidade relativa do ar, aumentando, em média, o teor de água de 11% para 19%, de acordo com os modelos de equilíbrio higroscópicos descritos por Afonso Junior (2001), sob as condições de 80% de umidade relativa, para todos os tratamentos. No entanto, para as condições de umidade relativa de 60%, o café manteve-se com as umidades iniciais de equilíbrio até o final do armazenamento. O aumento do teor de água nos grãos durante o armazenamento proporciona alterações negativas na composição físico-química dos grãos (Bacchi, 1962; Hara, 1972 e Vilela, 2000), prejudicando a qualidade do café.

#### **4.5 Qualidade dos cafés natural e despulpado durante o armazenamento com umidade relativa de 60%**

Dos microrganismos que colonizam os produtos agrícolas, os fungos são os mais tolerantes a baixas disponibilidades de água e são, conseqüentemente, importantes causas de deterioração (Sauer, 1992). A disponibilidade de água em materiais higroscópicos, tais como frutos e grãos, é mais bem indicada pela atividade de água com a umidade relativa do ar ambiente. A atividade de água no grão e a umidade relativa do ar, quando atingido o equilíbrio, são numericamente iguais (Brooker et al., 1992 e Hall, 1980). Christensen & Kaufmann (1974) observaram a influência da atividade de água para diversos produtos de origem vegetal. Os principais fungos, sob condições ótimas de temperatura (26°C a 30°C) e atividades de água superiores a 0,80, têm favorecidos sua sobrevivência e o seu desenvolvimento. Já as bactérias precisam de atividades de água maiores que os fungos e leveduras, necessitando, em sua maioria, de valores superiores a 0,90 (Jay, 1994).

O armazenamento com umidade relativa de 60% é o mais comum e o mais recomendado para cafés, por apresentar baixa atividade de água e baixo teor de água de equilíbrio, diminuindo o desenvolvimento de fungos, bactérias e conservando o produto por mais tempo.

Os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, sob os efeitos dos tipos de secagem, processamentos e tempos de armazenamento, estão apresentados nas Tabelas 10, 11, 12 e 13. Observa-se que a interação secagem\*processamento\*armazenamento foi significativa, a 5% de probabilidade.

TABELA 10 Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de secagem e processamento, no tempo zero, 90 e 180 dias de armazenamento.

T.S. <sup>1</sup>	Tempo (zero)		Tempo (90 dias)		Tempo (180 dias)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	114,0 A b	85,6 A a	115,2 A a	109,2 A a	143,6 A a	142,1 B a
40°C	130,0 B b	93,3 A a	126,6 B b	110,6 A a	146,8 A b	128,0 A a
60°C	230,0 C b	215,0 B a	235,1 C b	215,1 B a	240,0 B b	225,8 C a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tempo de armazenamento e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 3,58; CV2 (%) = 2,12; CV3 (%) = 3,14; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despolpado.

TABELA 11 Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de secagem e dos tempos de armazenamento (zero, 90 e 180 dias), para os cafés natural e despolpado.

T.S. <sup>1</sup>	Natural			Despolpado		
	Tempo			Tempo		
	Zero	90 dias	180 dias	Zero	90 dias	180 dias
Ter. <sup>2</sup>	114,0 A a	115,2 A a	143,6 A b	85,6 A a	109,2 A b	142,1 B c
40°C	130,0 B a	126,6 B a	146,8 A b	93,3 A a	110,6 A b	128,0 A c
60°C	230,0 C a	235,1 C b	240,0 B b	215,0 B a	215,1 B a	225,8 C b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 3,58; CV2 (%) = 2,12; CV3 (%) = 3,14; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro.

TABELA 12 Valores médios de lixiviação de potássio (ppm), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de secagem e processamento, durante o tempo zero, 90 e 180 dias de armazenamento.

T.S. <sup>1</sup>	Tempo (zero)		Tempo (90 dias)		Tempo (180 dias)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	26,6 A a	23,3 A a	37,2 B b	22,5 A a	43,2 B b	33,7 A a
40°C	40,0 B b	35,0 B a	27,4 A a	28,4 B a	38,1 A a	40,2 B a
60°C	66,3 C a	68,3 C a	72,22 C a	75,3 C a	75,0 C a	75,7 C a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tempo de armazenamento e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 5,51; CV2 (%) = 4,67; CV3 (%) = 3,95; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despolpado.

TABELA 13 Valores médios de lixiviação de potássio (ppm), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de secagem e dos tempos de armazenamento, para os cafés natural e despolpado.

T.S. <sup>1</sup>	Natural			Despolpado		
	Tempo			Tempo		
	Zero	90 dias	180 dias	Zero	90 dias	180 dias
Ter. <sup>2</sup>	26,6 A a	37,2 B b	43,2 B c	23,3 A a	22,5 A a	33,7 A b
40°C	40,0 B b	27,4 A a	38,1 A b	35,0 B b	28,4 B a	40,2 B c
60°C	66,3 C a	72,2 C b	75,0 C b	68,3 C a	75,3 C b	75,7 C b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 5,51; CV2 (%) = 4,67; CV3 (%) = 3,95; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro.

Verifica-se, pelos dados das Tabelas 10, 11, 12 e 13, que a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio aumentaram significativamente ( $P < 0,05$ ) com a elevação da temperatura de secagem, para todos os tempos de armazenamento e processamento, independente do tipo de secagem. Segundo Prete (1992), o processo de deterioração e perda de qualidade do café está relacionado

diretamente com os maiores valores de lixiviação de potássio que ocorrem em função da degeneração das membranas celulares (Lin, 1988; Marcos Filho et al., 1990; Schoettle & Leopold, 1984; Woodstock, 1973).

Observa-se que os maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, independente do tipo de secagem e processamentos, foram verificados ao longo do tempo de armazenamento. Verifica-se que, apesar da umidade relativa de 60% ser recomendada para o armazenamento, aos 180 dias ocorreram elevados valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, concordando com os resultados descritos por Coelho et al. (2001) e Godinho et al. (2001). Amorim (1977), estudando a absorção de água dos grãos ao longo do armazenamento nas condições de umidade relativa de 60%, observou que houve atividade metabólica provocando deterioração do café e a perda de qualidade.

Nas Tabela 14, 15, 16 e 17 estão apresentados os valores médios de açúcares redutores e totais, em função dos tipos de secagem, processamento e tempos de armazenamento. Verifica-se que as interações secagem\*processamento\*armazenamento; secagem\*processamento e secagem foram significativas a 1% e 5% de probabilidade.

TABELA 14 Valores médios de açúcares redutores (%), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e de processamento, durante o tempo zero, 90 e 180 dias de armazenamento.

T.S. <sup>1</sup>	Tempo (zero)		Tempo (90 dias)		Tempo (180 dias)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	0,85 C b	0,47 C a	0,75 C b	0,37 C a	0,64 C b	0,38 B a
40°C	0,64 B b	0,35 B a	0,62 B b	0,32 B a	0,58 B b	0,25 A a
60°C	0,57 A b	0,27 A a	0,47 A b	0,19 A a	0,45 A b	0,22 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tempo de armazenamento e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 6,87; CV2 (%) = 8,01; CV3 (%) = 5,73; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despolpado.

TABELA 15 Valores médios de açúcares redutores (%), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e do tempo de armazenamento, para o café natural e o despulpado.

T.S. <sup>1</sup>	Natural			Despulpado		
	Tempo					
	Zero	90 dias	180 dias	Zero	90 dias	180 dias
Ter. <sup>2</sup>	0,85 C b	0,75 C b	0,64 C a	0,47 C b	0,37 C a	0,38 B a
40°C	0,64 B b	0,62 B b	0,58 B a	0,35 B b	0,32 B b	0,25 A a
60°C	0,57 A b	0,47 A a	0,45 A a	0,27 A b	0,19 A a	0,22 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 6,87; CV2 (%) = 8,01; CV3 (%) = 5,73; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro.

TABELA 16 Valores médios de açúcares totais (%), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e processamento.

Tipos de Secagem	Processamento	
	Natural	Despulpado
Terreiro	7,64 B b	6,96 B a
40°C	7,88 B a	7,54 C a
60°C	7,23 A b	6,44 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha, para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 4,41; CV2 (%) = 3,04; CV3 (%) = 6,31

TABELA 17 Valores médios de açúcares totais (%), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tempo de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Médias
Zero	8,00 B
90 dias	6,96 A
180 dias	6,86 A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1(%) = 4,41; CV2 (%) = 3,04; CV3 (%) = 6,31

Observa-se, pelas Tabelas 14, 15, 16 e 17, que os valores de açúcares redutores e totais diminuíram com o aumento da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento, independente do tipo de processamento.

Segundo Lopes (2000), os teores de açúcares redutores encontrados nos grãos crus dos cafés cerejas estão dentro da faixa de 0,1% a 1,0% e estão associados à qualidade do café por estarem, juntamente com os aminoácidos e as proteínas, correlacionados com a origem de vários compostos voláteis em cafés torrados.

Os baixos teores de açúcares nos grãos de café estão associados com os baixos valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio observado anteriormente nas Tabelas 10, 11, 12 e 13, devido à degradação provocada pela temperatura de secagem.

Afonso Junior (2001) observou uma diminuição dos teores de açúcares redutores com o aumento do tempo de armazenamento, relatando que prováveis efeitos estariam relacionados à atividade metabólica dos grãos durante o armazenamento.

Os baixos valores de açúcares redutores nos grãos de café estão relacionados com a perda de qualidade dos mesmos. Para verificar uma relação entre os teores de açúcares redutores e os efeitos de secagem e de processamento, para os diferentes tempos de armazenamento, seria necessário estudar separadamente as quantidades de glicose, frutose, arabinose, manose, galactose, ribose e ramosa, os quais compõem a formação dos açúcares redutores.

Verificam-se também, pelos dados das Tabelas 14, 15, 16 e 17, que o café natural apresentou os maiores valores açúcares, quando comparados com o despulpado. Estes resultados estão de acordo com aqueles comentados no item anterior, na Tabela 3.

As variações dos valores médios de acidez titulável total, para os diferentes tipos de secagem, processamentos e armazenamento, estão apresentados nas

Tabelas 18 e 19. Verifica-se que a interação secagem\*armazenamento\*processamento foi significativa a 1% e 5% de probabilidade.

TABELA 18 Valores médios de acidez titulável total (NaOH 0,1N/100g), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de processamento.

Processamento	Médias
Despolpado	196,67 A
Natural	203,88 B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 5,23; CV2 (%) = 4,73; CV3 (%) = 4,28

TABELA 19 Valores médios de acidez titulável total (NaOH 0,1N/100g), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de secagem e do tempo de armazenamento.

Tipos de Secagem	Tempo de Armazenamento		
	Zero	90 dias	180 dias
Terreiro	177,50 A a	216,67 B b	207,50 A b
40°C	175,50 A a	191,67 A b	198,33 A b
60°C	212,50 B a	212,50 B a	210,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha, para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 5,23; CV2 (%) = 4,73; CV3 (%) = 4,28

Observa-se, pelos dados da Tabela 18, que o café natural apresentou maior valor de acidez titulável total que o despolpado e, ao longo do armazenamento, houve uma tendência desses valores se igualarem, independente do tipo de secagem.

Os maiores valores de acidez titulável presentes no café natural são devido aos processos fermentativos que ocorrem com a casca e a polpa. Leite (2001) observou o efeito do despolpamento do café cereja e concluiu que a retirada da

mucilagem foi a principal responsável pela redução da acidez nos grãos, uma vez que impossibilitou a acidificação do produto por ácidos provenientes da fermentação da polpa e da mucilagem.

A acidez é um dos atributos que caracterizam a análise sensorial do café. A sua intensidade varia, predominantemente, em função do estágio de maturação dos frutos, da forma de processamento e da secagem. O armazenamento, por sua vez, também influencia na acidificação do café. Coelho et al. (2001) observaram aumento nos índices de acidez durante o armazenamento. Estes valores estariam interligados com o aumento da lixiviação de potássio e da condutividade elétrica, que demonstraram uma degeneração nas membranas celulares. Neste trabalho, o armazenamento provocou maiores acidificações, ou seja, os efeitos provocados pela secagem e processamentos, por meio da degradação da qualidade do café, foram iguais ao longo do armazenamento.

Nas Tabela 20 e 21 estão apresentados os resultados obtidos de acidez graxa, em função do tipo de secagem, processamento e armazenamento durante os 180 dias de armazenamento, para as condições de 60% de umidade. Observa-se que a interação secagem\*processamento\*armazenamento foi significativa, a 1% de probabilidade.

TABELA 20 Valores médios de acidez graxa (KOH 0,1N/100g), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e de processamento, durante o tempo zero, 90 e 180 dias de armazenamento.

T.S. <sup>1</sup>	Tempo (zero)		Tempo (90 dias)		Tempo (180 dias)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	0,77 A a	0,77 A a	1,49 A a	1,29 A a	2,70 A a	3,44 A b
40°C	1,27 B a	1,08 A B a	1,85 B b	1,30 A a	5,51 B a	5,22 B a
60°C	2,63 C b	1,54 B a	3,55 C b	2,30 B a	5,74 B a	5,78 B a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tempo de armazenamento e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 5,82; CV2 (%) = 7,84; CV3 (%) = 7,90; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despolpado.

TABELA 21 Valores médios de acidez graxa (KOH 0,1N/100g), na condição de armazenamento de 60% de umidade, em função do tipo de secagem e do tempo de armazenamento, para o café natural e o despolpado.

T.S. <sup>1</sup>	Natural			Despolpado		
	Tempo			Tempo		
	Zero	90 dias	180 dias	Zero	90 dias	180 dias
Ter. <sup>2</sup>	0,77 A a	1,49 A b	2,70 A c	0,77 A a	1,29 A b	3,44 A c
40°C	1,27 B a	1,85 B b	5,51 B c	1,08 A a	1,30 A a	5,22 B b
60°C	2,63 C a	3,55 C b	5,74 B c	1,54 B a	2,30 B b	5,78 B c

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 5,82; CV2 (%) = 7,84; CV3 (%) = 7,90; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro.

Observa-se, pelos dados das Tabelas 20 e 21, que os valores de acidez graxa aumentam com a elevação da temperatura de secagem e com o aumento do tempo de armazenamento.

A utilização de temperaturas mais elevadas de secagem, durante um maior tempo de armazenamento com umidade relativa de 60%, provoca degeneração nas membranas celulares e, conseqüentemente, o extravasamento

dos óleos que participam da composição química dos grãos. Esses óleos acabam oxidando a estrutura dos grãos e prejudicando a qualidade do café (Afonso Junior, 2001).

Esteves (1960) observou que, à medida que o período de armazenagem do café aumenta, pior é a qualidade do produto e maior a acidez do óleo.

O processamento do café também influenciou nos valores de acidez graxa. Observa-se que o café natural apresentou, no início do armazenamento, maiores valores de acidez, quando comparados com o despulpado, como observado anteriormente, na Tabela 18, para a acidez titulável total. Este processo é decorrente da degradação dos cafés, provocada pela elevada temperatura de secagem.

Porém, com o aumento do tempo de armazenamento, os efeitos do processamento são igualados e a deterioração é provocada, na maior parte, pelas condições de 60% de umidade relativa de armazenamento, independente do tipo de secagem.

Os valores médios de sólidos solúveis, em função dos tipos de secagem e tempo de armazenamento, estão apresentados na Tabela 22. Observa-se que a interação secagem\*armazenamento foi significativa, a 1% de probabilidade.

TABELA 22 Valores médios de sólidos solúveis, na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e do tempo de armazenamento.

Tipos de Secagem	Tempo de Armazenamento		
	Zero	90 dias	180 dias
Terreiro	30,00 A B a	32,29 B a	33,33 A a
40°C	33,33 B a	31,25 B a	33,33 A a
60°C	26,00 A a	27,08 A a	33,37 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 9,18; CV2 (%) = 7,42; CV3 (%) = 9,76

Observa-se, pelos dados da Tabela 22, que os valores médios de sólidos solúveis, apesar de apresentarem diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), são pouco conclusivos, como observados no item anterior.

Os valores médios da análise sensorial, em função dos tipos de secagem, processamento e armazenamento, estão apresentados nas Tabelas 23 e 24. Verifica-se que a interação secagem\*processamento\*armazenamento foi significativa, a 1% de probabilidade.

TABELA 23 Valores médios de análise sensorial (%), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e de processamento, durante o tempo zero, 90 e 180 dias de armazenamento.

T.S <sup>1</sup>	Tempo (zero)		Tempo (90 dias)		Tempo (180 dias)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	74,3 B a	80,8 A b	73,3 B a	80,3 A b	74,1 B a	80,8 B b
40°C	72,2 A B a	81,3 A b	73,5 B a	80,2 A b	73,4 B a	77,4 A b
60°C	68,1 A a	79,6 A b	70,8 A a	81,0 A b	70,8 A a	78,0 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tempo de armazenamento e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 4,24; CV2 (%) = 5,79; CV3 (%) = 2,94; T.S<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despolpado.

TABELA 24 Valores médios de análise sensorial (%), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e do tempo de armazenamento, para o café natural e o despulpado.

T.S. <sup>1</sup>	Natural			Despulpado		
	Tempo			Tempo		
	Zero	90 dias	180 dias	Zero	90 dias	180 dias
Ter. <sup>2</sup>	74,3 B a	73,3 B a	74,1 B a	80,8 A a	80,3 A a	80,8 B a
40°C	72,2 A B a	73,5 B a	73,4 B a	81,3 A a	80,2 A a	77,4 A a
60°C	68,1 A a	70,8 A a	70,8 A a	79,6 A a	81,0 A a	78,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 4,24; CV2 (%) = 5,79; CV3 (%) = 2,94; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro.

Para a análise sensorial, todos os defeitos dos cafés foram retirados, deixando-se somente os grãos sadios.

Observa-se, pelos dados das Tabelas 23 e 24, que a análise sensorial do café teve os maiores efeitos em função da temperatura de secagem e do tipo de processamento. Verifica-se que o aumento da temperatura de secagem provocou as piores notas nos atributos sensoriais para o café natural, no entanto, para o café despulpado, a temperatura de secagem teve pouca influência nos valores. A secagem em terreiro manteve as melhores notas, independente do tipo de processamento e o tempo de armazenamento não alteraram as condições do produto, na umidade relativa de 60% de armazenamento.

Verifica-se que o café despulpado apresentou as melhores notas (Tabela 23), para todos os tempos de armazenamento, em relação ao café natural, independente dos tipos de secagem.

Estes resultados de análise sensorial estão de acordo com os dados de condutividade elétrica, lixiviação de potássio, acidez titulável total, acidez graxa, e açúcares redutores e totais, discutidos anteriormente.

Os valores médios das coordenadas (L, a, b), em função dos

tipos de secagem, processamentos e tempos de armazenamento, estão apresentados nas Tabelas 25, 26, 27 e 28. Verifica-se que as interações secagem\*processamento\*armazenamento; secagem\*processamento e processamento\*armazenamento foram significativos, a 1% e 5% de probabilidade.

TABELA 25 Valores médios de cor (L), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função dos tipos de secagem e dos tempos de armazenamento.

Tipos de Secagem	Tempo de Armazenamento		
	Zero	90 dias	180 dias
Terreiro	46,00 A a	45,03 A a	48,15 A b
40°C	45,53 A a	45,33 A a	47,60 A b
60°C	46,33 A a	46,46 A a	51,67 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 5,45; CV2 (%) = 5,51; CV3 (%) = 5,96

TABELA 26 Valores médios de cor (a), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de processamento e do tempo de armazenamento.

Processamento	Tempo de Armazenamento		
	Zero	90 dias	180 dias
Natural	1,28 B a	1,54 B b	1,65 B b
Despolpado	0,97 A a	1,29 A b	1,31 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 56,26; CV2 (%) = 51,45; CV3 (%) = 58,83

TABELA 27 Valores médios de cor (b), na condição de armazenamento de 60% de umidade, em função do tipo de secagem e de processamento, durante o tempo zero, 90, 180 dias, de armazenamento.

T.S. <sup>1</sup>	Tempo (zero)		Tempo (90 dias)		Tempo (180 dias)	
	Processamento		Processamento		Processamento	
	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>	Natural	Despolp. <sup>3</sup>
Ter. <sup>2</sup>	14,0 A b	11,5 A a	12,6 A b	9,6 A a	11,3 A b	9,5 A a
40°C	13,8 A b	11,9 A a	12,4 A b	10,5 A B a	12,1 A B b	10,6 B a
60°C	13,4 A b	12,6 A a	13,0 A b	11,2 B a	12,6 B b	10,6 B a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tipo de processamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 12,35; CV2 (%) = 13,87; CV3 (%) = 12,23; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro; Despolp.<sup>3</sup> - Despolpado.

TABELA 28 Valores médios de cor (b), na condição de armazenamento de 60% de umidade relativa, em função do tipo de secagem e do tempo de armazenamento, para o café natural e o despolpado.

T.S. <sup>1</sup>	Natural			Despolpado		
	Tempo			Tempo		
	Zero	90 dias	180 dias	Zero	90 dias	180 dias
Ter. <sup>2</sup>	14,0 A b	12,6 A a b	11,3 A a	11,5 A c	9,6 A a	9,5 A a
40°C	13,8 A b	12,4 A a	12,1 A B a	11,9 A c	10,5 A B a	10,6 A a
60°C	13,4 A a	13,0 A a	12,6 B a	12,6 A c	11,2 B a	10,6 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV1 (%) = 12,35; CV2 (%) = 13,87; CV3 (%) = 12,23; T.S.<sup>1</sup> - Tipos de Secagem; Ter.<sup>2</sup> - Terreiro.

Observam-se, pelos dados das Tabelas 25, 26, 27 e 28, que os principais fatores responsáveis pela descoloração dos cafês foram os maiores tempos de armazenamento e as elevadas temperaturas de secagem, principalmente para o café natural.

Verifica-se que, aos 180 dias de armazenamento, o café apresentou uma maior luminosidade (branqueamento) e maior cromaticidade (vermelho), enquanto que, para a saturação, os maiores efeitos negativos foram provocados pelas

elevadas temperaturas de secagem, apresentando uma coloração mais amarelada logo no início do armazenamento. Avaliando a cor dos grãos de café durante o armazenamento, Bacchi (1962) e Hara (1972) concluíram que a mudança de coloração dos grãos de café depende de diversos fatores, tais como: tempo de armazenagem, tipo de embalagem, teor de umidade, injúrias sofridas pelo produto e umidade relativa do ar.

O café natural, quando comparado com o despulpado, independente do tipo de secagem e do tempo de armazenamento apresentou os maiores valores de luminosidade, cromaticidade e saturação, indicando um café de pior qualidade. Estes valores de coloração estão coerentes com a análise quantitativa observada na Figura 16 e com as análises químicas e sensoriais discutidas anteriormente.

#### **4.6 Qualidade dos cafés natural e despulpado, durante o armazenamento, entre as condições de 60% e 80% de umidade relativa**

Para as análises de variância nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento, aos 90 e 180 dias, as interações secagem\*armazenamento e armazenamento foram significativas, a 1% e 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 29 e 30 estão apresentados os valores médios de acidez graxa, para os cafés natural e despulpado, em função dos tipos de secagem e condições de armazenamento, aos 90 e 180 dias.

TABELA 29 Valores médios de acidez graxa (KOH 0,1N/100g), durante o tempo de 90 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de umidade relativa de armazenamento.

Tipos de Secagem	Umidade relativa de armazenamento	
	60%	80%
Terreiro	1,37 A a	1,85 A b
40°C	1,57 A a	1,95 A b
60°C	2,27 B a	2,15 B a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 8,86

TABELA 30 Valores médios de acidez graxa (KOH 0,1N/100g), durante o tempo de 180 dias de armazenamento, em função das condições de umidade relativa de armazenamento.

Tipo de armazenamento	Médias
Umidade relativa 60%	4,73 A
Umidade relativa 80%	4,92 B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 4,76

Observa-se, pelos dados das Tabelas 29 e 30, que os valores médios de acidez graxa aumentaram significativamente com o aumento da umidade relativa de armazenamento para 80% desde os 90 dias, para a secagem em terreiro e com temperatura de 40°C. No entanto, para a temperatura de 60°C, os efeitos do armazenamento não foram identificados. Afonso Júnior (2001) e Kurzrock et al. (2004) observaram que a condição de armazenamento com temperaturas e umidades relativas mais elevadas provoca uma maior deterioração da qualidade do café.

Para as análises de variância para as coordenadas (L, a, b), nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento, as interações

secagem\*processamento\*armazenamento; secagem\*armazenamento e processamento\*armazenamento foram significativas, a 1% e 5% de probabilidade.

Os valores médios das coordenadas (L, a, b), durante o tempo de 90 e 180 dias de armazenamento, em função dos diferentes tipos de secagem, processamentos e condições de armazenamento, estão apresentados nas Tabelas 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37.

TABELA 31 Valores médios de cor (L), durante o tempo de 90 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de armazenamento.

Tipos de Secagem	Umidade relativa de armazenamento	
	60%	80%
Terreiro	45,03 A a	46,20 A b
40°C	45,33 A a	46,80 A b
60°C	46,47 B a	47,73 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 6,31

TABELA 32 Valores médios de cor (L), durante o tempo de 180 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de umidade de armazenamento, para o café natural e o despulpado.

Tipo de secagem	Natural		Despulpado	
	Armazenamento		Armazenamento	
	60%	80%	60%	80%
Terreiro	47,51 A a	51,50 A b	46,72 A a	53,89 B b
40°C	48,44 A a	52,40 A b	47,76 A a	50,01 A b
60°C	52,31 B a	55,63 B b	50,97 B a	57,19 C b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 3,62

TABELA 33 Valores médios de cor (a), durante o tempo de 90 dias de armazenamento, em função do tipo de secagem e condições de armazenamento.

Tipos de Secagem	Umidade relativa de armazenamento	
	60%	80%
Terreiro	0,93 A a	1,30 A b
40°C	1,17 A a	1,26 A b
60°C	1,17 A a	1,47 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV(%) = 49,98

TABELA 34 Valores médios de cor (a), durante o tempo de 90 dias de armazenamento, em função dos tipos de processamento e condições de armazenamento.

Processamento	Umidade relativa de armazenamento	
	60%	80%
Natural	1,47 B a	1,40 B a
Despolpado	1,22 A b	0,78 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV(%) = 49,98

TABELA 35 Valores médios de cor (a), durante o tempo de 180 dias de armazenamento, em função dos tipos de processamento e condições de umidade de armazenamento.

Processamento	Umidade relativa de armazenamento	
	60%	80%
Natural	1,80 B a	1,87 B a
Despolpado	1,31 A b	1,03 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de processamento e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 35,36

TABELA 36 Valores médios de cor (b), durante o tempo de 90 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de armazenamento.

Tipos de Secagem	Umidade relativa de armazenamento	
	60%	80%
Terreiro	11,13 A a	13,27 A b
40°C	11,50 A B a	13,40 A b
60°C	12,17 B a	12,67 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 12,88

TABELA 37 Valores médios de cor (b), durante o tempo de 180 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de umidade relativa de armazenamento, para o café natural e o despulpado.

Tipos de secagem	Natural		Despulpado	
	Armazenamento		Armazenamento	
	60%	80%	60%	80%
Terreiro	11,30 A a	16,09 A b	9,67 A a	13,13 A b
40°C	12,55 A a	16,01 A b	10,67 B a	13,90 A b
60°C	12,60 A a	15,60 A b	10,61 B a	13,65 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 12,19

Verifica-se, pelos dados das Tabelas 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37, que as coordenadas (L, a, b), logo aos 90 dias de armazenamento, aumentaram significativamente nas condições de 80% de umidade relativa, independente dos tipos de secagem e processamentos. Os maiores valores de luminosidade, cromaticidade e saturação para a umidade relativa de 80% caracterizam o café como de pior qualidade, quando comparados com a umidade relativa de 60%, independente dos tipos de secagem e processamentos. Bacchi (1962) e Hara (1972) observam as maiores mudanças na coloração do café quando armazenado

na condição superior de 80% de umidade relativa, enquanto Vilela et al. (2000) verificaram alterações na cor dos grãos quando armazenados em ambientes com umidades relativas de 75% a 85%.

Para a análise sensorial do café, nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento, para 90 e 180 dias, a interação secagem\*processamento\*armazenamento é significativa, a 1% e 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 38 e 39, estão apresentados os valores médios de análise sensorial para os cafés natural e despulpado, em função dos tipos de secagem e das diferentes condições de armazenamento.

TABELA 38 Valores médios de análise sensorial (%), durante o tempo de 90 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de armazenamento, para o café natural e o despulpado.

Tipos de secagem	Natural		Despulpado	
	Armazenamento		Armazenamento	
	60%	80%	60%	80%
Terreiro	78,33 A a	78,11 B a	80,33 A a	80,67 B a
40°C	78,11 A a	76,33 A B a	80,22 A a	79,78 A B a
60°C	78,00 A b	74,00 A a	81,00 A b	78,78 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 2,97

TABELA 39 Valores médios de análise sensorial (%), durante o tempo de 180 dias de armazenamento, em função dos tipos de secagem e condições de umidade de armazenamento, para o café natural e o despulpado.

Tipos de secagem	Natural		Despulpado	
	Armazenamento		Armazenamento	
	60%	80%	60%	80%
Terreiro	74,11 A b	70,56 B a	80,89 B b	77,22 B a
40°C	73,44 A b	70,78 B a	77,44 A b	74,33 A a
60°C	74,78 A b	68,11 A a	78,00 A b	73,67 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha para cada tipo de secagem e maiúsculas nas colunas, para diferentes condições de umidade relativa de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CV (%) = 4,37

Observa-se, pelos dados das Tabelas 38 e 39, que, aos 90 dias de armazenamento, as melhores notas foram atribuídas para a secagem em terreiro e com temperatura de 40°C, independente dos tipos de processamento e condições de armazenamento. Os efeitos das condições de armazenamento ficaram sensíveis depois de 180 dias. Verificam-se os efeitos negativos do armazenamento na umidade relativa de 80% sobre a qualidade do café e, conseqüentemente, as melhores notas para o armazenamento de 60% de umidade relativa, independente do tipo de processamento.

Os valores das notas atribuídas de análise sensorial estão de acordo com os obtidos de acidez graxa e de cor discutidos anteriormente.

## 5 CONCLUSÕES

- O tempo de secagem e as taxas de redução de água são afetados pelos diferentes tipos de secagem e processamentos.
- A condutividade elétrica, a lixiviação de potássio, a acidez titulável total e a acidez graxa aumentaram com a elevação da temperatura de secagem e nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento.
- Os açúcares redutores, os açúcares totais e a análise sensorial diminuíram com o aumento da temperatura de secagem e nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento.
- A secagem em temperatura de 60°C afetou negativamente a qualidade do café, para o processamento natural e despulpado, nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento.
- A qualidade do café foi afetada positivamente pela secagem em terreiro e com temperatura de 40°C, para os cafés natural e despulpado, nas condições de 60% e 80% de umidade relativa de armazenamento.
- A cor do café foi afetada pela interação secagem e processamento, somente para a coordenada (b).
- A cor do café (L, a, b), para a umidade relativa de 60%, foi afetada apenas aos 180 dias de armazenamento (branqueamento), pela interação secagem, processamento e armazenamento.
- A descoloração do café foi mais intensa para as condições de 80% de umidade relativa.
- O café armazenado nas condições de 60% de umidade relativa manteve as qualidades iniciais até os 90 dias de armazenamento.
- A umidade relativa de armazenamento de 60% interferiu menos na qualidade inicial do café, quando comparado com a de 80%, durante todo o tempo de armazenamento.

- As avaliações das composições físico-químicas mostraram que o café despolpado foi menos afetado pelas interações de secagem, processamento e armazenamento, que o café natural.
- O café despolpado manteve por mais tempo as qualidades iniciais do que o café natural.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AGRIANUAL 2001: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 460p., 2001.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC Methods 02-02A: fat acidity – rapid method, for grain. In: **Approved methods of the American Association of the Cereal Chemists**. St. Paul, 1995. v. 1, paginação irregular.

AMORIM, H. V. **Relação entre alguns compostos orgânicos de grão de café verde com a qualidade da bebida**. 1972. 136p. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMORIM, H.V. et al. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1978, Guarapari. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p. 15-18.

ANTUNES, P.; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) variety rosinha G2. **Journal of Food Science**, v.44, p.1704, 1979.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analyps of the Association of Official Analytical Chemists**. 15 ed. Washington, 1990.

BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v.21. n.28, p.476-484, 1962.

BAILEY, C. H. & GURJAR, A. M. Respiration in stored wheat. **Journal Agricultural Engineering Research**, New York, v. 12, p. 685-713, 1918.

BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.33-42, 1997.

BEGAZO, J. C. E. O. Colheita e processamento do café. Viçosa, 1979, **Boletim de Extensão**, Imprensa Universitária, UFV.

BICUDO, L.P. Para fazer café fino não é indispensável gastar muito. **Lavoura e Criação**. São Paulo, n.155, p.17-20, 1962.

BIOSCI, M. A., **Biotechnol.** Biochem. p.1043, 1993.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2004. (Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização a Distância: Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade).

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A. B. **Atmosfera controlada e atmosfera modificada**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998., p. 135-170.

BRANDO, C. H. J. Cereja descascado, desmucilado, fermentado, despolpado ou lavado? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca. **Anais...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1999. p. 342-346.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 356p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa nº 08, de 16 de agosto de 2002**. Disponível em <[www.agricultura.gov.br/spc/balanca/instrucao\\_048\\_2002.pdf](http://www.agricultura.gov.br/spc/balanca/instrucao_048_2002.pdf)> Acessado em: 14 mar.2003.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.

BSCA. Café Especiais. Disponível em: <http://www.bsca.com.br>. Acesso em janeiro de 2005.

CALLE, H.V. Pruebas químicas para determinar la calidad de café. **Cenicafé**, Chinchiná, v.14, n.3, p.187-194, 1963.

CAMPA, C.; BALLESTER, J. F.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Trigonelline and sucrose diversity in wild Coffea species. **Food Chemistry**, v.88, p.39-43, Jan. 2004.

CAMPOS, A.T. **Desenvolvimento e análise de um protótipo de secador de camada fixa para café (*Coffea arabica* L.), com sistema de revolvimento mecânico**. Viçosa-MG: UFV, 1998. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.79-92, 1985.

CARVALHO, V. D., CHALFOUN, S. M., & CHAGAS, S. J. R. (1989). Relação entre a classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado. In: 15º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1989, Maringá/PR. **Anais...** Maringá: IBC, 1989, p. 25-26.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S.J. R.; CHALFOUN, S.M.; BORTREL, N.; JUSTE Jr.; E. S. G. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.3, p. 449-445, Mar. 1994.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S. J. R.; SOUZA, S.M.C. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.5-20, 1997.

CASTRO, L. H. **Efeito do despolpamento, em secador de leito fixo sob alta temperatura, no consumo de energia e na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 1991. 61p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CHAGAS, S. J. de R. **Potencial da região sul de Minas Gerais para produção de café especiais**. 2003. 91p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1974. p. 158-192.

CLARKE, R. J; MACRAE, R. *Coffea*. **Elsevier Science Plublischer**, v.1. 306p., 1985.

CORTEZ, J. G.; BARROS, U. V.; BARBOSA, C. M.; TOLEDO, J. J. B. Sistemas de colheita e processamento do “Cafê da montanha” no leste mineiro e suas influências sobre a bebida e industrialização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23., 1997, Manhuaçu. **Anais...** Manhuaçu: IBC, 1997, p. 144-148.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; VILELA, E. R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, n.2, p. 22-27, 2001.

CORRÊA, P.C.; AFONSO JUNIOR, P. C.; PINTO, F. A. C. Efeito da temperatura de secagem na cor dos grãos de café pré-processado por “via seca” e “via úmida”. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Especial, n.5, p.22-27, 2002.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS (USDA). Produção mundial de café (mil sacas de 60 kg). **Anuário da Agricultura Brasileira**, São Paulo/SP: FNP Consultoria e Comércio, p. 209-223, 2006.

ESTEVES, A.B. Acidificação, ao longo do tempo da gordura do grão de café cru. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.1, n.4, p.297-317, 1960.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA UFSCar, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p 255-258.

FOURNEY, G. E., CROS, E., & VICENT, J. C. Estudo preliminar de loxydation de l'huile de café. **In Proc. 10th ASIC Coll.** p. 235-246., 1982.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT**, v.38, p.709-715, August, 2004.

GARRUTI, R. S., GOMES, A. G. Influência do estágio de maturação sobre a qualidade da bebida do café do Vale do Paraíba. **Bragantia**. Campinas, v. 20, p.989-995, 1961.

GIALLULY, M. Factores affecting the inherent quality of green coffee. In: B. Sachss & P. G. Sylvain. **Advantaces in coffee production technology**. New York: The Spice Mill, 1959, p.88-92.

GÍUDICE, P. M.; AZEVEDO, J. M. P.; COELHO, D. T.; HARA, T.; PINHEIRO, F. J. B.; PUZZI, D. **Primeiro curso intensivo sobre manuseio, armazenamento e secagem de café.** Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1969. 282 p.

GODINHO, R. P.; VILELA, E. R.; OLIVEIRA, G. A.; CHAGAS, S. J. de R. Variações na cor e na composição química do café (*Coffea arabica* L.) armazenado em coco e beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n.1, p.38-43, 2000.

GODINHO SILVA, R.; VILELA E. R.; PERREIRA R. G. G. A.; BORÉM F. M. Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, especial, n.3, p. 3-10, 2001.

GUIDA, V. F. A. A.; VILELA, E. R. Influência do fluxo de ar e do período de descanso na secagem do café (*Coffea arabica* L.) despulpado em secador experimental de camada fixa.. **Ciênc. e Agrotec.**, Lavras, v.20, n.2, p.232-237, Jun, 1996.

GUIMARÃES, A. C.; BERBERT, P. A. ; SILVA, J. S. Ambient-Air Drying of Pre-Treated Coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal Agricultural Engineering Research**, v.69, p.53-62, 1997.

HARA, T. **Storage factors affecting coffee quality.** 1972. 42p. Dissertação (Mestrado) - Purdue University, Purdue/EUA.

HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops.** Westport: The AVI Publishing Company, 1980. 382 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ-GERCA. **Cultura de café no Brasil: processamento, classificação e armazenamento do café.** 5ªed. Rio de Janeiro: IBC GERCA, 1985. p. 423-461.

JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1994. p. 423-430.

JHAM, G. N.; VELIKOVA, R.; MULLER H. V.; NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; CECON, P. R. Lipid classes and tricylycerols in coffea samples fom Brasil: effects of coffea type and drying procedures. **Food Research International**, Canadian, v. 34, p. 111-115., Jun. 2000.

JORDÃO, B. A.; GARRUT, R. S.; ANGELUCCI, E.; TANGO, J. S.; TOSELO, Y. Armazenamento de café a granel em silo com ventilação natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MIC-IBC, 1974. p. 385.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.2, p.15-50, mar. 1991.

KURZROCK, T.; KOLLING-SPEER, I.; SPEER, K. Effects of Controlled Storage on the Lipid Fraction of Green Arabica Coffee Beans. **Food Chemistry**, v.66, p.161-168, 2004.

LAVOURA. A cultura do café. **Sociedade Nacional de Agricultura**. p 36-53, Dez, 995.

LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Lavras: ESAL, 1991. 131p. (Dissertação de Mestrado).

LEITE, I. P. VILELA, E. R.; CARVALHO, V. D. Efeito do armazenamento na composição física e química do grão de café em diferentes processamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n. 3, p. 159-163, mar. 1996.

LEITE, R.A.; CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, M.G.A.; REIS, F.P.; OLIVEIRA, T.T. Qualidade tecnológica do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por "via seca" e "via úmida" avaliada por método químico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.308-311, 1998.

LIN, S. S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica dos solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.10, p.59-67, 1988.

LOPEZ, L.M.V. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Especial, n.1, p.3-8, 2000.

MAARSE, H., & VISSCHER, C. A. Volatile compounds in foods. Quantitative and qualitative data. **TNO Food analysis institute**, The Netherlands: 7 th Zeist, 1996.

MAIER, H.G. Kaffee. **Grundlagen and Fortschritte der Lebensmitteluntersuchung and Lebensmitteltechnolog.** Berlim, Hamburg, v.18, 1981.

MAIER, H. G. Chemical and Technologic des Kaffees. **Lebensmittelechemie and Geerichtliche Chemic**, v.37, p.25-29, 1983.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. da; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo avaliativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.1805-1815, 1990.

MARTÍN, M. J. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffea varieties differentiation. **Talanta**, v. 54, p. 291-297, Nov. 2000.

MARQUES, E. R. **Alterações químicas, sensoriais e microscópicas dos grãos de café cereja e descascado submetidos a diferentes taxas de remoção de água.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo.** São Paulo: Editora Globo S.A., 1991. 320p.

MAZZAFERA, P.; GUERREIRO, F.O.; CARVALHO, A. Estudo de coloração verde do grão de café: determinação de flavonóides e clorofilas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11, 1984, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1984. p.178-181.

MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffea beans. **Food Chemistry**, v. 64, p. 547-554, Jun. 1998.

MELO, M.; FAZUOLI, L.C.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIM, H.V. Alterações físicas, químicas e organolépticas em grãos de café armazenados. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v..32, n..4, p.468-471, 1980.

MENCHÚ, E.F. La determinación de la calidad del café: características, color y aspecto. **Agricultura de las Americas**, Kansas City, v.16, n.5, p.18-21, 1967.

MENEZES, H. C. The relationship between the state of maturity of raw coffee beans and the isomers of caffeoylquimic acid. **Food Chemistry**, v.50, p.293-296, 1994.

MILNER, M.; CHRISTENSEN, C. M.; GUEDES, W. G. Grain storage studies. VI. Wheat respiration in relation to moisture content, mold growth, chemical deterioration, and heating. **Cereal Chemical**, v. 24, p. 182-199, 1947.

MIYA, E. E., GARRUTI, R. S., ANGELUCCI, M. A., FIGUEIREDO, I., & SHIROSE, I. Defeitos de café e qualidade da bebida. **Col. Inst. Tecnol. Alimentos**, v.5, p.417-432, 1973.

MÔNACO, L. C. Armazenamento de café. **Boletim da Superintendência dos Serviços do Café**. São Paulo. v..36, n..417, p.15-16, 1961.

MULTON, J. L., POISSON, J., CACHAGINER, B. Evolution of plusieurs carateristiquers d'un café Arabica au cours d'un stockage esperimental effetue a 5 humidities realtives et 4 temperatures diferentes. **In Proc. 6th ASIC Coll.**, p. 268-277., 1973.

NOBRE, G. W. **Alterações qualitativas do café cereja descascado durante o armazenamento**. 2005. 124p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NORTHMORE, J.M. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. **Turrialba**, San José, v. 15, n..3, p.184-192, 1968.

OCTAVIANI, J. C. **Secagem de café cereja descascado desmucilado com utilização de gás liquefeito de petróleo**. 2000. 101p. Dissetação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OHIOKPEHAI, O.; BRUMEN, G.; CLIFFORD, M. N. The clorogenic acids content of some peculiar green beans and the implications for beverage quality. In: X Colloque Scientifique International sur la Chimie du Café, 1987, Salvador, Brasil. **Anais...** Salvador, p.177-185.

OLIVEIRA, M.V. **Efeito do armazenamento na branqueamento de grãos de café beneficiado: modelagem matemática do processo**. 1995. 99p. (Tese Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, G.A.; VILELA, E. R.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; ANDRADE, E. T. Efeito de diferentes graus de maturação do café (*Coffea arabica* L.) e diferentes temperaturas de secagem na qualidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: IBC, 2001, p. 864-871.

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (Coffea arábica L.) “estritamente mole”**. 1997. 96p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

PINTO, E. Futuro e opções de café arabica. **Bolsa de Mercadorias & Futuros**, São Paulo, p.20, 2006.

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (Coffea arabica L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

REINATO, H. R., BORÉM, F. M., VILELA, R., CARVALHO, MEIRELES, P. Consumo de energia e custo de secagem de café cereja em propriedades agrícolas do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.6, n.1, p.112-116, 2002.

REINATO, C.H.R. Avaliação técnica, econômica e qualitativa do uso de lenha e GLP na secagem de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Especial, n.7, p.3-13, 2003.

RIBEIRO, D. M. **Qualidade do café cereja descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem**. 2003, 86p. (Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SALAZAR, G. M. R.; RIAÑO, H. N.M.; ARCILA, P. J.; PONCED, C.A. Estudio morfológico, anatómico y ultraestructural del fruto de café coffea arabica L. **Cenicafé**, Colômbia, v. 45, n. 3, p. 93-105, 1994.

SAUER, D.B. **Storage of cereal grains and their products**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. 615 p.

SCHOETTLE, A.W.; LEOPOLD, A. C. Solute leakage from artificially aged soybean seeds after imbibition. **Crop Science**, v.24, p.835-838, 1984.

SFREDO, M. A.; FINZER, J. R. D.; LIMAVERDE, J. R. Heat and mass transfer in coffee frits drying. **Journal of Food Engineering**, v.70, p.15-25, 2005.

SILVA, R. G. Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.3, p. 10-15, Mar. 2001.

SILVA, E. A. A. **Coffea (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation**. 2002. 105p. Tese (Doutorado)-Wageningen University, Wageningen.

SILVA, R. F. **Qualidade do café cereja descascado produzido na região Sul de Minas Gerais**. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SIVETZ, M. Coffee processing technology. **Coffea Technology**, Westport, v. 2, 379p. 1963.

SIVETZ & DESROSIER. Drying Green Coffea Beans. **Coffea Technology**, Westport, v.5, p. 117-169, 1979.

SOARES, T. A. **Análise da acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja**. 2003. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SOUZA, S. M. C. Secagem de café com qualidade III-Secagem. **Circular Técnico**, Lavras, n.119, 4p., Jun. 2000.

SPADONE, J. C.; TAKEOKE, G. AND LIARDON, R. Analytical investigation of Rio off-flavor in green coffee. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.38, p.226-233, 1990.

SPEER, K., SEHAT, N.; MONTANG, A. Fatty acids in coffee. **Proc. 15 th ASIC Coll.**, p.583-592, 1993.

TEIXEIRA, A.A., FAZUOLI, L.C., CARVALHO, A. Qualidade da bebida do café – Efeito do acondicionamento e do tempo de conservação, **Bragantia, Campinas**, v. 36, n. 7, p. 103-108, Mar. 1977.

TOSELLO, A. Colheita, preparo por via seca e armazenamento de café. **Curso de cafeicultura**. São Paulo: Instituto Agrônômico, p.247-257, 1957.

TOSELLO, A. Beneficiamento e armazenamento. In: GRANER, E. A.; GODOY JUNIOR, C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Melhoramentos, 1967. Cap.10, p.247-257.

VIDAL, H. M. **Composição lipídica e a qualidade do café (*Coffea arábica* L.) durante armazenamento.** 2001. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VIEIRA, G. **Análise da viabilidade técnica e econômica de armazenagem, a granel, de café beneficiado em silo metálico modular.** 2001. 136p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VILELA, E.R.; CHANDRA, P.K.; OLIVEIRA, G.A. Efeito da temperatura e umidade relativa no branqueamento de grãos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, especial, n.1, p.31-37, 2000.

VILELA, E.R. Secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n.187, p. 55-67, 2002.

VILELA, T. C. **Qualidade de café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem.** 2002. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WAJDA, P.; WALCZYK, D. Relationship between acid value of extracted fatty matter and age of green coffee bean. **Journal Science Food Agricultural**, v.29, 377- 380, 1978.

WHITE , N. D. G., LEESCH, J. G. Chemical control. In: SUBRAMANYAM, B., HAGSTRUM, D. W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**, New York: Marcel Decker, 1996, p.287-330.

WILBAUX, R. **Agricultural Engineering**. Rome, Italy, 1963.

WINTGENS, J. N. **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production.** 1º Edição. Weinheim. 2004. 711p.

WOODSTOCK, L. W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science & Technology**, v.1, p.127-157, 1973.