

**QUALIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) ARMAZENADOS EM COCO, COM DIFERENTES NÍVEIS DE UMIDADE**

**ROSSANA PIERANGELI GODINHO SILVA**

**2000**

51107

MFN-35989

ROSSANA PIERANGELI GODINHO SILVA

**QUALIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)  
ARMAZENADOS EM COCO COM DIFERENTES NÍVEIS DE  
UMIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador:

Prof. Evódio Ribeiro Vilela



LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

2000

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

Silva, Rossana Pierangeli Godinho

Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade / Rossana Pierangeli Godinho Silva. -- Lavras : UFLA, 2000.

65 p. : il.

Orientador: Evódio Ribeiro Vilela.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

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

CDD-633.7368

**ROSSANA PIERANGELI GODINHO SILVA**

**QUALIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)  
ARMAZENADOS EM COCO COM DIFERENTES NÍVEIS DE  
UMIDADE**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso  
de Mestrado em Ciência dos  
Alimentos, para a obtenção do título  
de "Mestre".


APROVADA em 26 de outubro de 2000

Profª. Rosemary Gualberto F. A. Pereira

UFLA

Prof. Flávio Meira Borém

UFLA

  
Prof. Evódio Ribeiro Vilela  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, Waldemar e Eurica,  
por sempre me apoiarem

Ao Robinho,

pelo amor e companheirismo,

Aos meus irmãos, Robson e Raquel,

pela força e carinho,

Ao Prof. Evódio,

pela paciência.

## **OFEREÇO**

A DEUS,

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade e ensinamentos transmitidos.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor e amigo Evódio Ribeiro Vilela, pela orientação, compreensão e paciência.

Aos professores Rosemary G. F. Alvarenga Pereira, Flávio Meira Borém e Vânia Déa de Carvalho pela orientação, apoio e sugestões.

A todos os professores do curso de Ciência dos Alimentos, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos laboratoristas e amigos, Samuel, Eliane, Odair, Luis e Geraldo, do Laboratório de Qualidade do Café "Dr. Alcides Carvalho", pelo apoio na execução das análises químicas.

Ao pesquisador Sílvio Júlio de Rezende Chagas (EPAMIG), pelo apoio durante o experimento.

Aos colegas do DCA: Luciana, Joelma, Valéria, Karina, Ellen, Letícia, Marcelo, Nisia e Simone, pelo companheirismo e convivência.

Ao Pedro Henrique Tomé, pelo apoio e sugestões nas análises estatísticas.

À Gilvana Aparecida de Oliveira, pela amizade, companheirismo e apoio.

A todos os funcionários do DCA.

A todos os meus familiares pelo carinho e torcida durante todos os momentos.

A todos os meus amigos pelo carinho, convivência e apoio.

Aos meus pais e irmãos pelo carinho, força e compreensão nos momentos mais difíceis.

Ao Robinho, pelo amor, paciência, compreensão e companheirismo durante toda essa caminhada.

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, pela força e luz em todos os momentos.

A todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1 Aspectos gerais do armazenamento .....	4
2.2 Branqueamento dos grãos no armazenamento .....	7
2.3 Considerações sobre a origem da cor dos grãos de café .....	12
2.4 Aspectos físicos e químicos no armazenamento .....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3.1 Caracterização e localização do experimento.....	23
3.2 Preparo das amostras .....	24
3.3 Metodologia analítica .....	24
3.3.1 Teor de umidade .....	24
3.3.2 Açúcares totais, redutores e não redutores .....	25
3.3.3 Acidez titulável total .....	25
3.3.4 Compostos fenólicos totais .....	25
3.3.5 Atividade da polifenoloxidase .....	25
3.3.6 Índice de coloração .....	26
3.3.7 Lixiviação de potássio .....	26
3.4 Classificação do café .....	26
3.5 Análise estatística .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1 Umidade .....	27
4.2 Acidez titulável total .....	32



4.3 Compostos fenólicos totais .....	34
4.4 Atividade da polifenoxidase .....	34
4.5 Lixiviação de potássio .....	39
4.6 Açúcares totais, redutores e não redutores .....	42
4.7 Índice de coloração .....	47
4.8 Classificação do café .....	50
5 CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
ANEXOS.....	61

## RESUMO

SILVA, R. P. G. **Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco, com diferentes níveis de umidade.** Lavras: UFLA, 2000. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos)\*

O café, após a secagem, é armazenado em coco para uma estabilização da umidade e espera do beneficiamento e comercialização. Sabendo da importância da umidade dos grãos no armazenamento e na qualidade do café, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes níveis de umidade e do sistema de secagem no café armazenado em coco. O café, obtido na Fazenda Palmital (FAEPE/UFLA), foi retirado do terreiro com umidades de 14,91%, 13,62%, 12,80% e 11,38% e do secador com 16,25%, 12,69%, 12,54% e 10,28%. O armazenamento foi no período de agosto/99 a janeiro/00, sendo retiradas amostras mensalmente para as análises físicas e químicas. Observou-se que, com um mês de armazenamento, os grãos com níveis de umidade mais altos perderam água e se igualaram aos grãos de café normais, apesar das cascas permanecerem com alto teor de umidade. Os resultados de densidade, acidez titulável, compostos fenólicos, atividade da polifenoloxidase, lixiviação de potássio e açúcares mostraram que a umidade mais alta dos grãos não interferiu na qualidade. O branqueamento intenso não foi verificado nos grãos com maiores níveis de umidade, como é relatado na literatura. O tipo e a bebida dos grãos de café não foram alterados ao final do armazenamento. Quanto ao sistema de secagem, os grãos de café de terreiro apresentaram melhores características em relação aos grãos de secador.

---

\* Comitê Orientador: Dr. Evódio Ribeiro Vilela – UFLA (Orientador), Dra. Rosemary G. Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA, Dr. Flávio Meira Borém – UFLA.

## ABSTRACT

SILVA, R. P. G. Quality of grains of coffee (*Coffea arabica* L.) stored in dry cherry stage under different moisture contents. Lavras: UFLA, 2000. (Dissertation – Master in Food Science) \*

The coffee fruits, after drying, are stored without hulling (dry cherry) for stabilization of the moisture content and waiting for processing and commercialization. Knowing about the importance of the moisture content of the grains in the storage process on the quality of the coffee, the objective of this work was to verify the influence of different moisture contents and drying systems in the coffee stored as dry cherry. The coffee fruits, obtained from the Farm Palmital (FAEPE/UFLA), was removed from the terrace with moisture contents of 14,91%, 13,62%, 12,80% and 11,38%, and from the dryer with 16,25%, 12,69%, 12,54% and 10,28%. The storage was in the period from august/99 to january/2000. Monthly was collected samples for the physical and chemical analyses. It was observed that, with one month of storage, the grains with higher moisture contents losted water, and they were equaled to the normal grains of coffee, in spite of the peels that remained with high moisture content. The density results, titrable acidity, phenolic compounds, polyphenoloxidase activity, potassium leaching and sugars showed that the higher moisture content of the grains didn't interfere on the quality. The intense branching was not verified in the grains with higher moisture contents, as related in the literature. The class and the beverage of the grains of coffee were not modified at the end of the storage period. With relationship to the drying systems, the grains from the terrace showed better characteristics in relation to the dryer grains.

---

\* Guidance Committee: Dr. Evódio Ribeiro Vilela – UFLA (Major Professor), Dra. Rosemary G. Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA, Dr. Flávio Meira Borém – UFLA.

# 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por cafés de melhor qualidade pelos países importadores e o aumento da oferta por outros países produtores tornam necessários programas que visem o aumento da oferta do produto, melhorando a competição no mercado externo. A falta de um padrão de qualidade para o produto nacional foi um dos fatores responsáveis pelo declínio do produto brasileiro no mercado internacional.

O consumo interno também tem decrescido, principalmente devido à aquisições, pelas torrefações, de excedentes que perderam a qualidade na armazenagem e não se prestaram para a exportação. Ainda existem, por todo o país, 6,5 milhões de sacas de café em estoque, de safras desde 86/87 e que têm sido adquiridas para misturas nas torrefações.

Além dos vários fatores que afetam a qualidade do café, pré e pós-colheita, controláveis e não controláveis, o armazenamento ainda é feito pelo modelo de sacarias, com instalações antigas, expansões de áreas improvisadas, movimentações difíceis do produto e falta de controle ambiental. Há necessidade, assim, da realização de melhoras nessas unidades, para conservar a boa qualidade dos grãos de café.

O armazenamento eficiente do café, entretanto, deve iniciar-se na propriedade, onde, após a secagem, é armazenado em coco, apresentando coloração escura, com nível de umidade variável de 12 a 20%. Em geral, são necessários 5 litros de café em coco para dar um quilo de café beneficiado. No comércio de café em coco, comum nas regiões cafeeiras novas ou em regiões onde as propriedades são pequenas, o seu preço é estabelecido em função do rendimento, ou seja, da quantidade de café em coco necessária para dar um quilo de café beneficiado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais do armazenamento

O café em coco, após a secagem (processo via seca), ou despulpado (processo via úmida), é armazenado, nas fazendas, em tulhas ou sacos, antes do beneficiamento. O nível de umidade final do café após a secagem pode ser ditado pela necessidade de beneficiar ou pela segurança na armazenagem.

O café em coco guardado em tulhas de madeira bem construídas pode permanecer até um ano ou mais sem prejuízos na sua qualidade e rendimento (Tosello, 1967).

As tulhas, nas quais o café é depositado a granel são um conjunto de compartimentos de igual capacidade, em número suficiente para atender às necessidades do armazenamento, possibilitando armazenar, separadamente, cafés de origens diferentes. Além da função principal de armazenar, propiciando o necessário descanso ao café, as tulhas regulam a alimentação da máquina de beneficiar (Tosello, 1967).

O café, após o beneficiamento, é embalado em sacos de juta de 60 kg e estocado em armazéns convencionais. O armazenamento dos grãos ensacados apresenta alguns inconvenientes, como o elevado preço da sacaria que requer substituição periódica, movimentação altamente dispendiosa, pois requer muita mão-de-obra e espaço por unidade de peso. Porém, apresenta algumas vantagens como a manipulação de quantidades e tipos de diferentes produtos, possibilitando a formação de lotes individualizados.

Segundo Giúdice et al. (1969), o sistema de armazenagem em sacaria apresenta maiores problemas em relação ao sistema a granel. Todavia, em razão do grande número de armazéns construídos e em funcionamento no país, essas

unidades devem ser mantidas e melhoradas de modo a aumentar sua eficiência e conservar a boa qualidade dos grãos de café durante o armazenamento.

Algumas recomendações devem ser observadas no manuseio dos grãos como a utilização de estrados de madeira ou lençóis plásticos para evitar o contato direto das sacarias com o piso; controle da iluminação; utilização de pilhas de no máximo 20 sacas de altura quando for empregado processo manual de empilhamento ou 25 sacas no empilhamento mecânico; controle da marca e qualidade do café de cada bloco por meio de uma ficha; corredores e ruas que ocupam, em média, 20% da área de armazenagem (Puzzi, 1986).

Nos armazéns deve haver um rigoroso controle das condições ambientais que requerem sistema adequado de ventilação e determinações periódicas do nível de umidade do café. A temperatura e umidade relativa do ar devem ser registradas continuamente. Se o ambiente do armazém permanecer muito tempo com umidade relativa acima de 70%, os grãos de café absorverão umidade e o seu teor se eleva acima de 13%, limite máximo para evitar a deterioração (Sivetz e Desrosier, 1979).

O café, como todos os grãos, é um material higroscópico cuja conservação é delicada e não pode ser realizada, a não ser em condições bem determinadas. Nos países produtores de café, normalmente o clima é quente e úmido, fazendo com que os limites de umidade sejam ultrapassados prejudicando a conservação, com perda de qualidade durante o armazenamento (Sivetz e Desrosier, 1979).

O café beneficiado, quando armazenado sob condições apropriadas de temperatura e umidade, é estável e a deterioração é baixa. Para evitar a deterioração deve haver um controle dos parâmetros críticos de temperatura, umidade relativa do ar, aeração, tempo de armazenamento e, o mais importante, a umidade do produto (Sivetz e Desrosier, 1979).

Cerca de 1% da umidade está presente no grão como água ligada, 4% como água fracamente ligada e o restante como água livre. A água disponível é medida em termos de atividade de água, ou seja, a razão entre a pressão de vapor parcial no grão e a pressão parcial da água pura, na mesma temperatura ( $a_w = p/p_0$ ), com variações de 0 a 1 (Illy e Vianni, 1995).

Em contato com o ar atmosférico, os grãos de café podem ceder ou absorver água, dependendo do seu nível de umidade e das condições de temperatura e umidade relativa. Se colocados em ambiente com temperatura e umidade relativa constantes, os grãos atingem um nível de umidade de equilíbrio e não mais se modificam. A maioria dos fungos tem seu desenvolvimento acelerado a partir de 70% de umidade relativa, condições estas em que o café estaria com umidade acima de 13%. As condições para a boa armazenagem são de 50-70% de umidade relativa do ar e níveis de umidade dos grãos entre 11 e 12%, segundo Puzzi (1986). Entretanto, o mesmo autor não cita a temperatura do local de armazenamento, sendo que a mesma também afeta a qualidade dos grãos durante o tempo em que lá permanece.

Travaglini e Tosello (1967/68) observaram que, quando a umidade relativa aumenta de 60 para 90%, os níveis de umidade de equilíbrio dos grãos de café passam de 10,5% para 17,6%, em condições normais de temperatura.

A umidade do café durante o armazenamento depende da umidade inicial dos grãos e relativa do ar, da temperatura e aeração. Para mantê-la abaixo de 11%, por exemplo, a umidade relativa do armazém deve permanecer abaixo de 50% (Tosello, 1967). Quanto maior a umidade relativa, maior a velocidade com que o café se contamina por mofo. Por exemplo, a 90%, a contaminação ocorrerá em 15 dias. As variáveis são inter-relacionadas: quanto mais curto o tempo de armazenagem, maior será a tolerância às extremas condições de umidade e temperatura.

O excesso de umidade do grão é um dos fatores que causam distúrbios de ordem fisiológica ao café. De acordo com Camargo e Telles (1953), quando a semente de café apresentar umidade superior a 13%, ocorrerá internamente uma fermentação lenta, com desprendimento de gás carbônico, fazendo com que ela sofra uma dilatação, tornando-se, mais tarde, inchada e menos densa, além de chegar à morte.

O limite proposto pelo IBC (1977) para um armazenamento seguro de grãos de café é de 11 a 13% de umidade.

## 2.2 Branqueamento dos grãos no armazenamento

A descoloração ou branqueamento dos grãos de café tem sido um problema sério, devido à depreciação qualitativa com conseqüentes prejuízos aos produtores e exportadores. Este fenômeno tem sido atribuído a reações oxidativas, de natureza enzimática ou não, envolvendo compostos fenólicos e enzimas oxidativas (Melo et al., 1980). Danos mecânicos nos grãos durante o processamento têm sido considerados como fatores de aceleração do processo. Foi verificado também que altos níveis de umidade dos grãos (acima de 13%) e altas umidades relativas do ar (acima de 80%) aceleram o processo de branqueamento (Bacchi, 1962).

As sementes de café (*Coffea arabica* L.), depois de secas e beneficiadas, apresentam o endosperma de cor esverdeada e, após algum tempo de armazenamento, tornam-se esbranquiçadas. Esta descoloração, mais conhecida por branqueamento, é há muito conhecida, porém, pouco estudada (Melo et al., 1980).

Segundo Bacchi (1962), o branqueamento tem seu início em diferentes pontos do grão, alastrando-se, posteriormente, por toda a sua superfície, diminuindo consideravelmente o valor comercial do produto. O tempo



necessário para o aparecimento das manchas e seu posterior alastramento é muito variável. Conforme as condições, o grão chega a ficar totalmente branco-opaco em apenas três ou quatro dias.

Para Graner e Godoy (1967), com o passar do tempo a coloração do grão passa de verde a esverdeada, esverdeada clara e posteriormente amarelada até atingir o branco, fase em que normalmente o café apresenta características de mofo e deterioração.

Bacchi (1962) considerou serem as injúrias dos grãos provocadas pelo beneficiamento mecânico, a causa indireta do branqueamento. O autor realizou ensaio no qual armazenou amostras de café em condições de laboratório por 15 meses. Os grãos de uma das amostras foram submetidos à compressão por meio de uma leve martelada. Os grãos de uma segunda amostra tiveram a superfície lixada e os da terceira amostra foram mantidos intactos. A observação posterior demonstrou que o branqueamento não se manifestou nos grãos isentos de machucadura, enquanto que, naqueles previamente machucados, o fenômeno se manifestou em intensidade proporcional ao tipo e grau das machucaduras.

Segundo Amorim (1978), pode-se deduzir que as injúrias mecânicas responsáveis pelo branqueamento do café provocam a deterioração da qualidade, partindo da desestruturação da membrana celular. Os danos mecânicos provocam rupturas das membranas, havendo, em consequência, uma desorganização celular.

O branqueamento dos grãos de café pode ter início quando estes atingem o nível de umidade de 12% (Menchú, 1967; Wilbaux e Hahn, 1966). Como limite de segurança para o armazenamento do café, aconselha-se um nível de umidade máximo de 11% (Rigitano et al., 1964; Wilbaux e Hahn, 1966).

Bacchi (1962) constatou que a umidade relativa do ambiente de armazenamento influencia de maneira bastante acentuada o fenômeno do branqueamento, acelerando a sua manifestação.

Caldas, citado por Teixeira, Fazuoli e Carvalho (1977), estudando cafés de Angola, verificou que o branqueamento dos grãos de café beneficiados e armazenados depende da umidade do local de armazenagem e da iluminação, sendo menos freqüente em locais de baixa umidade relativa e menos iluminados.

Além da umidade relativa do ar, a temperatura de estocagem também influi na mudança de cor dos grãos de café durante o armazenamento apresentando relação direta com a perda da qualidade. Baixas temperaturas conservam melhor a cor dos grãos de café. Grãos com nível de umidade acima do limite, denominado nível de umidade crítico, mudam de cor mais facilmente quando armazenados sob temperaturas mais elevadas (Subrahmanyam et al., 1961).

De acordo com Stirling (1975), temperaturas na faixa de 10-17°C são capazes de preservar as características de aparência do café verde e do café torrado, assim como a qualidade da bebida por um período superior a 12 meses.

Rigitano et al. (1964) estudaram o efeito do nível de umidade do café beneficiado em sacos de aniagem (14,4% de umidade), recipientes metálicos não herméticos com 13,2% , 10,5% e 9,3% de umidade e recipientes metálicos herméticos com 13,4% , 11,0% e 9,3% de umidade. Após 22 meses de armazenamento, verificou-se que o café armazenado no saco de aniagem apresentou grãos descoloridos e esbranquiçados. Nos recipientes herméticos ou não, grãos com umidade acima de 13% apresentaram-se descoloridos e manchados. As melhores características de cor e aparência foram para os cafés armazenados em recipientes herméticos com 11,0 e 9,3% de umidade.

Oliveira (1995) estudou o efeito de quatro temperaturas (10, 20, 30 e 40°C) e quatro umidades relativas (52, 67, 75, e 85%) no branqueamento do café por meio do índice de coloração (densidade ótica- 425nm). Os resultados mostraram que o índice de coloração diminuiu, à medida que se aumentou a temperatura e umidade relativa.

A fim de correlacionar o índice de coloração com o aspecto do café, o mesmo autor elaborou uma tabela utilizando cafés de diferentes tempos de armazenamento coletados em cooperativas. Verificou-se uma amplitude de 0,882 (amostra que continha grãos com coloração verde-cana) até 0,155 (amostra formada por grãos de coloração branco-opaca). Observou-se que os grãos armazenados começaram a apresentar manchas brancas características do início do branqueamento quando o índice de coloração atingiu um valor em torno de 0,600. Utilizando este valor como limite mínimo de qualidade foi possível obter as estimativas dos tempos de armazenamento para diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento.

Os resultados demonstraram que, para as condições de armazenamento de 10°C de temperatura e umidades relativas de 52 e 67%, os índices de cor não atingiram o valor de 0,600 no período de tempo estudado de 192 dias. Sob umidade relativa de 75% e temperatura de 10°C, os grãos conservaram-se por 138 dias, porém, a 85%, somente por 40 dias. Em condições normais, ou seja, temperaturas entre 20 e 30°C, somente a 52% de umidade relativa, os grãos de café se conservaram por mais de quatro meses, sem iniciar o branqueamento. Considerando temperaturas em torno de 20°C e umidades relativas de 60 e 70%, que são normais em nossa região, mesmo antes de dois meses de armazenamento os grãos de café já começam a branquear.

Godinho et al. (2000) estudaram a variação da cor de cafés armazenados em coco e beneficiado, verificando que o café em coco conservou melhor a cor quando comparado ao produto beneficiado durante o armazenamento.

Lopes (1988) acompanhou a mudança de cor ocorrida nos grãos de café beneficiado devido à incidência de luz branca e suas faixas espectrais (azul-violeta, verde, amarela e vermelha). Foi constatado que os grãos armazenados, na presença de luz branca e de luz transmitida pelo filtro azul, foram os mais afetados na cor e na qualidade de bebida. Dados de reflectância mostraram ser os comprimentos de onda na faixa de violeta-azul os principais responsáveis pela depreciação da qualidade (cor e bebida) do café beneficiado, devido a incidência de luz durante o armazenamento.

Para Rabechault citado por Bacchi (1962), a coloração dos grãos de café despulpados depende, em grande parte, do método empregado no processamento, sendo muito influenciado pela fermentação, pelo pH da água de lavagem e pelo processo de seca.

Menchú (1967) afirma que a secagem altera a cor dos grãos de café, especialmente nos secadores mecânicos; a cor desigual é o defeito mais generalizado. O ressecamento empalidece o grão e, assim, temperaturas superiores a 80°C podem originar grãos muito aquecidos de cor acinzentada, os quais, quando reabsorvem umidade, branqueiam irregularmente, iniciando pelas bordas.

McLoy (1979) notou que a secagem de café exposto ao sol, em camada pouco espessa, favorece o aparecimento de coloração verde-cinza, tida como desejável, enquanto a secagem à temperatura entre 30 e 49°C, em ambiente escuro (secagem mecânica), concorre para o aparecimento de grãos de cor verde-amarelada, considerada indesejável.

Natarajan et al., citados por Wilbaux e Hahn (1966), utilizando um reflectômetro tristímulo, mediram a reflectância de grãos de café despulpados de robusta e arábica armazenados em sacos, no decorrer de um período de nove meses. Os autores observaram que, com o passar do tempo, havia um aumento da reflectância Y (quantidade de luz refletida em condições operacionais

definidas), com maior intensidade para o café arábica a partir do quarto mês de armazenamento.

Majunder, Natarajan e Bathia, citados por Oliveira (1995), estocaram café arábica em silo hermético durante três meses, na faixa de temperatura de 24 a 29°C e umidade variando de 9,0 a 13,7%, verificando um aumento na reflectância com o aumento do nível de umidade. As amostras com 13,7% de umidade apresentaram-se inteiramente esbranquiçadas.

A qualidade do café arábica armazenado durante 181 dias, em cinco umidades relativas entre 50 e 95% e temperatura de 26°C foi avaliada por Santos et al. (1971). Os resultados obtidos pelos autores mostram a evolução da reflectância dos grãos diretamente relacionada com o aumento da umidade relativa durante o armazenamento.

Multon et al. (1974) armazenaram café arábica a 75% de umidade relativa e em quatro diferentes temperaturas (20°, 25°, 30° e 35°C), observando decréscimos nos valores de reflectância nos primeiros doze dias e acentuado aumento na reflectância com o tempo e com o aumento da temperatura, a partir deste tempo até o sexagésimo dia de estocagem.

### **2.3 Considerações sobre a origem da cor dos grãos de café**

A cor verde apresentada pelos grãos de café é indicativa de que os processos oxidativos endógenos estão ocorrendo a taxas reduzidas ou mesmo não ocorrendo (Mazzafera, Guerreiro e Carvalho, 1984). Segundo estes autores, a perda da cor verde por armazenamento inadequado ou injúrias mecânicas e fisiológicas, possivelmente seria devida à oxidação de precursores do ácido virídico ou, talvez, à sua oxidação.

Rabehault, citado por Bacchi (1962), afirma que os taninos e os complexos tânicos do cafeeiro desempenham funções na coloração dos grãos

desta planta. O autor relata que a coloração resulta da mistura do ácido clorogênico com vários outros diversamente coloridos como o virídico, o cofálico, o cafetânico etc., que são diferentes estados de oxidação do primeiro.

Northmore (1966,1968) analisou uma solução incolor, obtida a partir do extrato de grãos crus de café, obtendo, sob certas condições, as principais cores encontradas em grãos de café (azul, verde, amarelo e pardo). Expondo a solução verde à luz solar, o autor constatou que a cor verde definha e a solução torna-se de aparência mais azulada, muito embora as leituras espectrofotométricas permanecessem as mesmas antes e depois da exposição. Assim, descartou-se a hipótese de ser a clorofila a responsável pela cor verde da solução, por ser o pigmento solúvel em água e a clorofila não.

Uma solução amarela foi obtida pela passagem da solução verde numa coluna de alumina, que reteve, em alguns casos, um composto de cor azul. Considerando que a cor verde é sensível à luz e a azul não, e sendo a cor verde uma mistura de amarelo e azul, sugere o autor que a substância de cor amarela é a responsável pela sensibilidade da solução verde à luz. O autor chama a atenção, ainda, para o fato de que a solução amarela absorve luz no comprimento de onda entre 400 e 470 nm, que compreende o comprimento de onda que melhorou a qualidade dos grãos de café e que reduziu a coloração amarelo- esverdeada observada por McLoy (1979) nos grãos de café secos no escuro.

Northmore (1968), no mesmo trabalho, obteve, em solução, um complexo de cor azul resultante da mistura de ácido clorogênico e magnésio. Supondo que a cor desenvolvida na solução e aquela observada nos grãos sejam derivadas de uma mesma substância básica, acredita-se que este complexo seja o responsável pela coloração azul encontrada nos grãos de café de boa qualidade. Para o autor, tanto a coloração como o precipitado azul formado na

acidificação de extratos aquosos estariam relacionados com a formação do ácido virídico, produto da oxidação do ácido clorogênico em solução alcalina.

O efeito do íon Mg no desenvolvimento da cor azul seria o de estabilizar a oxidação do ácido clorogênico, formando o complexo de cor azul. No entanto, dados obtidos por Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), confirmando os de Carelli, Lopes e Mônaco (1974), permitem concluir que é pouco provável que esta substância seja, isoladamente a responsável pela cor do café.

Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984) realizaram comparações entre as sementes das cultivares Mundo Novo de *C. arabica* L., cujo endosperma é verde, com as da cultivar Cera, dessa mesma espécie, de endosperma amarelo. Os autores não constataram diferenças quanto as clorofilas e chegaram à conclusão de que estas substâncias não parecem ser responsáveis pela cor verde do café.

Northmore (1965) afirma que o Fe poderia desempenhar algum papel na formação da cor verde do endosperma do café, pois cafeeiros deficientes nesse elemento produzem sementes com endosperma de cor âmbar. Além do que, pela combinação do íon Fe com o ácido clorogênico, podem-se obter soluções de coloração verde, porém insensíveis à luz.

Gibson (1971) demonstrou que, durante a secagem do café ao sol, havia formação de álcoois diterpênicos, os quais não eram observados antes desse processo ou quando secos crioscopicamente. A polimerização de uma dessas substâncias, o cafestol, originaria a cor amarela que passaria ao marrom na presença do oxigênio. A polimerização do outro diterpeno, o 'kahweol', originaria pigmentos azul-esverdeados. O autor concluiu que a cor do endosperma do café seria produto da formação de ésteres de 'kahweol' e 'cafestol'.

Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), entretanto, não encontraram diferenças significativas para os diterpenos nas cultivares Mundo Novo

(endosperma de cor verde) e Cera (endosperma amarelo), mas afirmaram que, apesar disso, seria razoável supor que a proporção entre 'cafestol' e 'kahweol' pudesse influenciar na determinação da cor dos dois tipos de café estudados.

Wurziger e Suche, citados por Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), chamam atenção para o fato de que o 'kahweol', composto que tem merecido maior atenção como participante na formação da cor do café (Gibson, 1971), não é encontrado no endosperma de cor verde do cultivar de *C. canephora*.

Northmore (1968) observou que as alterações na coloração de extratos aquosos de café ocorriam em função do pH, sendo que, em um período superior a 20 horas, o pH 8,7 era o mais favorável para o desenvolvimento da cor azul. Em faixas inferiores de pH, não havia a formação dessa cor, permanecendo os extratos verdes.

Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984) confirmaram a influência do pH no desenvolvimento da coloração e constataram que o melhor desenvolvimento de cor em grãos de café da variedade 'Cera' ocorreu em pH próximo a 8,3 e em grãos da variedade 'Mundo Novo', próximo a 8,7. Os autores constataram que a seqüência de formação das cores nas variedades 'Cera' e 'Mundo Novo' era a mesma, mostrando que, a substância que confere a cor verde ao endosperma das sementes do 'Mundo Novo', está presente também na cultivar 'Cera'.

Estudos realizados por Guyot, citados por Chassevent (1987), indicaram ser um pigmento azul o responsável pela cor verde do café, resultante da reação entre a quinona formada do ácido cafêico, ou de seus ésteres, com o grupamento  $\alpha$ -amino de aminoácidos. Essa cor seria produto da mistura do azul, formado por essa substância, com o amarelo do excesso de quinonas. O pH e a atividade enzimática da polifenoloxidase teriam papel na formação do pigmento e na sua estabilidade, assim como este seria fotossensível e instável a temperaturas superiores a 35°C.



Northmore (1965) afirma que a cor parda encontrada nos grãos de café deve-se à oxidação enzimática dos polifenóis presentes nos grãos, principalmente no ácido clorogênico e dos produtos resultantes do esfacelamento deste ácido.

Em tecidos vegetais, os flavonóides são conhecidos como substâncias que podem conferir diferentes colorações. Em sua maioria, porém, limitam-se a cores diferentes que não o verde, o amarelo, vermelho e o azul (Harborne, 1965). Dados obtidos por Mazzafera, Guerreiro e Carvalho (1984), em estudo realizado com as cultivares Mundo Novo e Cera de *C. arabica* L., excluem esta possibilidade.

#### **2.4 Aspectos físicos e químicos dos grãos de café no armazenamento**

Durante o armazenamento, os grãos passam por transformações químicas e físicas que degradam as paredes e membranas celulares e podem afetar sensivelmente a qualidade da bebida (Amorim e Teixeira, 1975).

Dentre as enzimas do café cru, especial atenção tem sido dada a polifenoloxidase (PFO) a qual está relacionada positivamente com a qualidade do café. A polifenoloxidase é uma enzima encontrada em tecidos de plantas e animais e é a única conhecida que catalisa a oxidação aeróbica de compostos fenólicos, sendo estes compostos um dos que mais influenciam na qualidade (predominantemente sabor e aroma) do café e muitos produtos vegetais (Northmore, 1965; Amorim e Silva, 1968).

O estabelecimento de um método objetivo de avaliação da qualidade do café vem sendo há muito investigado. Vários pesquisadores têm constatado maiores valores de atividade da PFO nos melhores cafés (Amorim e Silva, 1968; Rotemberg e Iachan, 1971; Oliveira, 1972; Lopes, 1988; Carvalho et al., 1994). Nesse sentido, as pesquisas indicam uma alta potencialidade da determinação da

atividade enzimática da polifenoloxidase como análise complementar à tradicional prova de xicara.

Pereira (1962) foi o primeiro autor a relatar um decréscimo na atividade da polifenoloxidase do café com o tempo de armazenamento. O autor constatou que aos seis meses de armazenamento não foram encontradas modificações significativas na atividade da polifenoloxidase. Porém, com um ano de armazenamento verificou-se uma queda significativa. Seus resultados foram confirmados posteriormente por Oliveira (1972), Valência (1972) e Amorim (1972). Segundo Oliveira (1972), a atividade da polifenoloxidase varia com as diferentes espécies e diminui com o armazenamento.

Amorim, Smucker e Pfister (1976) encontraram valores de atividade de 1,72 (Abs.10min./g) após 1 ano de armazenamento; 0,97 após 2 anos de armazenamento para o café de bebida mole; 0,72 após 1 ano e 0,51 após 2 anos para o café de bebida rio.

Melo et al. (1980) armazenaram café em vários tipos de embalagens e, após 21 meses, encontraram que a atividade da PFO ( D.O. 420 nm em 100mg de m.s.) foi significativamente maior nas amostras mantidas em lata e saco plástico (225,44 e 184,76), comparadas com as mantidas em sacos de papel, algodão e aniagem ( 98,30, 96,48 e 102,28). Os cafés embalados em lata e saco plástico mantiveram a cor verde e bebida apenas mole, enquanto que aqueles embalados em sacos de papel, algodão e aniagem apresentaram bebida dura e cor esbranquiçada. As características de perda de cor foram observadas a partir do sexto mês de armazenamento. Os níveis de umidade na lata e sacos de plástico foram de 10,5 e 10,8%, enquanto nas embalagens de papel, algodão e aniagem foram de 11,9, 12,7 e 12,4%, respectivamente.

Leite, Vilela e Carvalho (1996) verificaram um decréscimo da atividade da polifenoloxidase em relação ao tempo de armazenamento, principalmente a partir do sétimo mês. Os grãos de café de secador tiveram atividade mais baixa

em relação aos cafés de terreiro. Não houve diferenças entre os tipos de café secados em terreiro quanto à enzima, porém, para os cafés de secador, observou-se uma queda na atividade para o café verde.

Carrelli, Lopes e Mônaco (1974) e Clifford (1975) afirmam que os frutos de *Coffea arabica* L. se caracterizam por ter um alto teor de compostos fenólicos e, em particular, os chamados ácidos clorogênicos (até 8% sobre o teor de matéria seca). Segundo Amorim e Silva (1968), os compostos fenólicos, principalmente os ácidos clorogênicos, exercem ação protetora, antioxidante dos aldeídos. Quando há qualquer condição inadequada ou problemas no armazenamento, ocorre, como citado anteriormente, a atuação das polifenoloxidasas sobre os polifenóis e conseqüente diminuição da ação antioxidante destes últimos sobre os aldeídos.

Aos fenólicos é atribuída a sensação de adstringência da bebida do café, possivelmente variável em função do tipo e concentração destes compostos. A adstringência é um fenômeno sobre o qual há relativamente pouco conhecimento sendo que baixas concentrações de adstringentes parecem produzir uma sensação aceitável na língua, descrita pela OIC (Organizacion...,1991) como “mouthfeel”, sendo os níveis elevados causadores de sensações indesejáveis.

Amorim (1978) observou maiores concentrações de fenólicos totais em cafés de qualidade inferior e foram também atribuídas ao ataque de fungos como *Fusarium sp* que desencadeiam processos fisiológicos de defesa, com produção destes compostos.

Quando o café vai passando para cores mais claras, piorando a bebida, diminuindo a densidade e a atividade da polifenoloxidase, o acúmulo de compostos fenólicos (detectados pelo reativo do nitrito) nos bordos do grão vai desaparecendo, ficando os mesmos com uma distribuição mais homogênea (Amorim et al., 1977).

Alguns trabalhos verificaram que o conteúdo de compostos fenólicos pode variar com o grau de maturação dos frutos, estando presentes em maior quantidade em cafés de frutos verdes (Leite, 1991; Pimenta, 1995; Abreu, Carvalho e Botrel, 1996).

Leite, Vilela e Carvalho (1996) notaram que os polifenóis decresceram aos quatro meses de armazenamento, aumentando aos sete meses e tomando-se constantes até o final do período. Os cafés verdes apresentaram maiores teores de fenólicos até o final do armazenamento. Os cafés de terreiro tiveram teores de compostos fenólicos mais elevados que os do secador.

Godinho et al. (2000) observaram flutuações dos compostos fenólicos durante o período de armazenamento, não havendo diferenças significativas entre o café em coco e o beneficiado.

A acidez da bebida do café é uma das características sensoriais utilizadas para a avaliação da qualidade. A intensidade da acidez da bebida varia predominantemente em função das condições climáticas durante a colheita e secagem, do local de origem, tipo de processamento e estágio de maturação (Leite, 1991; Chagas, 1994; Pimenta, 1995 e Giranda, 1998).

Carvalho et al. (1994), visando correlacionar a acidez titulável total dos grãos com qualidade da bebida, avaliaram esta variável em cafés classificados como de bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio. Os autores observaram um crescente aumento da acidez com a diminuição da qualidade do café, sendo que os cafés de bebida inferior exibiram maior acidez.

A presença de defeito verde, ardido e preto acarreta um desequilíbrio quanto à existência e proporção de ácidos, sendo que os grãos pretos apresentam maiores valores de acidez, seguidos dos ardidos e verdes, sugerindo que a acidez aumenta com a deterioração dos grãos (Myia et al., 1974; Pereira, 1997).

O fruto de café no estágio de maturação verde possui menor acidez que aumenta à medida que o fruto intensifica seu processo de maturação, visto que os açúcares sofrem fermentações transformando-se em ácidos ( Leite, 1991; Pimenta, 1995).

Leite, Vilela e Carvalho (1996) observaram um aumento na acidez titulável aos 4 e 7 meses de armazenamento em todos os tipos de café, caindo aos 9 meses. Concluíram, que o período chuvoso que ocorreu entre os 3 e 6 meses de armazenamento pode ter sido a causa da elevação na acidez, pois a elevada umidade relativa aliada a temperaturas mais altas podem acarretar alterações químicas no café armazenado.

Godinho et al. (2000) verificaram diferenças significativas nos valores de acidez titulável entre os cafés em coco e beneficiado durante o armazenamento. O café em coco apresentou menores índices de acidez quando comparado ao beneficiado, a partir do terceiro mês.

Os açúcares são precursores de um grande número de compostos do aroma e sabor. Os açúcares totais estão presentes no café numa faixa de 5 a 10%. A sacarose é o carboidrato encontrado em maior concentração no café (1,9 a 10%) e os açúcares redutores, principalmente glicose e frutose, estão presentes no café em proporções entre 0 e 5% (Tango, 1971; Sabbagh et al., 1977; Njoroge, 1987; Leite, 1991). O teor de açúcares totais, redutores e não redutores pode variar com o local de cultivo do cafeeiro e também com o grau de maturação dos frutos (Leite, 1991; Pimenta, 1995; Vilela e Pereira, 1998).

Na avaliação de frutos de café em diferentes estádios de maturação, Pimenta, Costa e Chagas (2000) constataram que frutos verdes e verde-cana exibiram menores valores de açúcares totais, redutores e não redutores, encontrando os maiores valores nos frutos cereja.

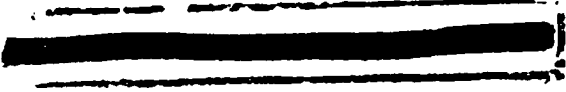
Condições de alta umidade relativa e altas temperaturas propiciam o desenvolvimento de microorganismos, induzindo a ocorrência de processos fermentativos que utilizam os açúcares como substrato (Carvalho, 1997).

Para Amorim (1972), não há indícios de que os açúcares exerçam uma influência direta na qualidade do café. No entanto, deve-se ressaltar que estes carboidratos participam de importantes interações bioquímicas durante a torração, como a reação de Maillard, produzindo compostos que conferem cor e sabor aos grãos torrados, além de inúmeros componentes voláteis que contribuirão para o aroma final da bebida.

Pereira (1997) observou que com a inclusão de quantidades crescentes de defeitos, os açúcares totais decresceram, o que pode ter sido consequência da utilização destes em processos fermentativos. Houve também uma redução nos teores de açúcares não redutores, acompanhada por um aumento nos açúcares redutores, indicando uma interconversão da sacarose em açúcares mais simples. O mesmo comportamento foi observado por Coelho (2000).

De acordo com Vilela (1997), a alta concentração de açúcares e elevado nível de umidade da polpa e da mucilagem dos frutos de café favorecem o desenvolvimento microbiológico e, conseqüentemente, podem ocorrer fermentações indesejáveis, com formação de sabores estranhos que alteram posteriormente a bebida.

Godinho et al. (2000) observaram que os valores de açúcares totais e não redutores não diferiram significativamente entre o café em coco e beneficiado durante o armazenamento, porém, os açúcares redutores apresentaram variações significativas entre o café armazenado em coco e beneficiado. O café em coco manteve-se com teores mais altos de açúcares redutores, enquanto que no café beneficiado, os teores declinaram com o armazenamento a partir do quarto mês. Os maiores valores para o café em coco sugerem que a casca e o pergaminho tendem a retardar a degradação dos açúcares redutores.



Amorim (1978) estudou os aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café cru e relacionou-os com a deterioração da qualidade. Uma vez rompida a estrutura da membrana, há um contato maior entre as enzimas e os componentes químicos e, mesmo, entre os próprios componentes intra e extracelulares, o que provoca reações com modificações na composição e, conseqüentemente, na qualidade dos grãos. Realizando testes de lixiviação de íons potássio, com o objetivo de avaliar a integridade da membrana, encontrou maiores índices de lixiviação em cafés de qualidade pior. Isto vem indicar que cafés que sofreram deteriorações de qualidade tiveram suas membranas afetadas.

Prete (1992) verificou que grãos com níveis de umidade próximos a 8% a abaixo deste valor apresentaram intensa lixiviação de íons.

Foi verificado por Godinho et al. (2000) um aumento significativo nos valores de lixiviação de potássio durante o armazenamento, obtendo-se maiores valores para o café beneficiado. A casca e o pergaminho podem ter sido responsáveis pela menor lixiviação de potássio do café em coco.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização e localização do experimento

O trabalho foi realizado com o café proveniente da Fazenda Palmital da FAEPE/ UFLA, no município de Ijaci-MG. Frutos de café do mesmo lote foram colocados em secador vertical Pinhalense e no terreiro, para secagem.

A secagem foi acompanhada no secador, verificando-se as temperaturas na entrada do secador e na massa. As temperaturas de entrada variaram de 60 a 80°C, com a temperatura na massa não ultrapassando 45°C.

No terreiro, o café foi manuseado dentro dos procedimentos usuais, ou seja, esparramação nos primeiros dias de secagem, enleiramento partindo da meia seca e amontoamento ao final.

Foram retiradas, durante e ao final da secagem, três sacas de café para os diferentes níveis de umidade dos cafés de terreiro e de secador, a saber: (a) terreiro - 14,91%, 13,62%, 12,80% e 11,38%; (b) secador - 16,25%, 12,69%, 12,54% e 10,28%. Os teores mais baixos correspondem às paralisações do processo de secagem pelo operador. Os níveis de umidade finais desejados foram determinados com a utilização de um Geole e posteriormente levados ao laboratório para determinação dessas umidades.

As sacas de café foram empilhadas na própria área de armazenagem da usina de beneficiamento da FAEPE, sobre estrados de madeira, com os devidos cuidados. Um termohigrógrafo foi colocado no local para registros de temperatura e umidade relativa do ambiente.

O café foi armazenado durante o período de agosto/99 a janeiro/00.

Mensalmente foram retiradas amostras dos três sacos de cada tratamento, as quais, após misturadas, foram divididas em três repetições.



A classificação por tipo, bebida e cor foi realizada no início e final do armazenamento por provadores credenciados da COCATREL (Cooperativa dos Cafeicultores de Três Pontas).

As análises físico-químicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Café do CRSM/EPAMIG, no campus da Universidade Federal de Lavras.

### **3.2 Preparo das amostras**

O café foi beneficiado em descascador da marca Pinhalense, procedendo-se, então, a análise de umidade inicial dos grãos e das cascas, tendo sido retiradas amostras para classificação por tipo, bebida e cor e análise de lixiviação de potássio.

Para as avaliações químicas, os grãos foram moídos e utilizados, principalmente para a determinação da atividade da polifenoloxidase, em pouco tempo, para evitar alterações no material.

Esses procedimentos foram repetidos mensalmente durante o armazenamento.

### **3.3 Metodologia analítica**

#### **3.3.1 Nível de umidade**

O nível de umidade foi determinado por meio da secagem em estufa regulada a 105°C com circulação de ar, durante 24 horas, expresso em porcentagem.

### **3.3.2 Açúcares totais, redutores e não redutores**

Os açúcares foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

### **3.3.3 Acidez titulável total**

A acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, de acordo com técnica descrita na AOAC (1990) e expressa em ml de NaOH 0,1N por 100g de amostra.

### **3.3.4 Compostos fenólicos**

Os compostos fenólicos foram extraídos pelo método de Goldstein e Swain (1963) utilizando como extrator o metanol 50% e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990).

### **3.3.5 Atividade da polifenoloxidase**

O extrato enzimático foi obtido pela adaptação do processo de extração descrito por Draetta e Lima (1976). Foram pesadas 5 g da amostra de café moído, tendo sido adicionados, a seguir, 40 ml de tampão fosfato de potássio 0,1 M pH 6,0, agitando-se por 5 min. Todo material utilizado foi mantido em banho de gelo. Após agitação, as amostras foram submetidas à filtração, utilizando-se papel Whatman n.º 1.

A atividade enzimática foi determinada pelo método descrito por Ponting e Joslyn (1948), utilizando-se o extrato de amostra sem DOPA como branco.

### **3.3.6 Índice de coloração**

O índice de coloração foi determinado pelo método descrito por Singleton (1966) adaptado para café, de acordo com Carvalho et al. (1994).

### **3.3.7 Lixiviação de potássio**

A determinação da quantidade de potássio lixiviado foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK – 2002, após 3 horas de embebição dos grãos, segundo metodologia proposta por Prete (1992).

## **3.4 Classificação do café**

Foram realizadas classificações quanto ao tipo e bebida no início e aos 6 meses de armazenamento, por provadores credenciados (COCATREL).

## **3.5 Análise estatística**

As variáveis foram estudadas considerando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial com parcela subdividida no tempo, utilizando-se dois tipos de secagem, quatro diferentes níveis de umidade e seis meses de armazenamento, com três repetições (2 x 4 x 6).

Os dados foram analisados pelo software SISVAR. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância e a um estudo de regressão polinomial (Pimentel Gomes, 1990).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas e umidades relativas médias mensais do local de armazenamento encontram-se na Tabela 1.

As temperaturas e umidades relativas apresentaram-se relativamente baixas até novembro (quarto mês de armazenamento), com elevações nos últimos dois meses (dezembro e janeiro) devido ao período chuvoso. Como relatado na revisão de literatura, altas umidades relativas e altas temperaturas afetam a qualidade dos grãos durante o armazenamento.

TABELA 1 Temperaturas e umidades relativas (médias mensais) no local de armazenamento do café.

MESES	TEMPERATURA (° C)	UMIDADE RELATIVA (%)
Julho/99	19	51
Agosto	17	59
Setembro	20	59
Outubro	21	63
Novembro	21	65
Dezembro	23	71
Janeiro/00	23	72

### 4.1 Umidade

A Tabela 2 mostra os valores médios de umidade dos grãos durante o período de armazenamento, no qual os grãos mais úmidos mantêm, em média, os maiores valores e apenas o café de maior teor retirado do secador apresenta média acima de 13%. Na média geral o nível de umidade do terreiro (12,40%) foi maior que o do secador (12,05%), porém, essa diferença não altera significativamente a qualidade do café armazenado, pois as duas médias estão

abaixo de 13%, nível de umidade não recomendado para o armazenamento de café.

Os diferentes níveis de umidade do café beneficiado proveniente do café armazenado em coco variaram com o tempo, para ambos os sistemas de secagem (Figuras 1 e 2), diminuindo até os noventa dias, quando as temperaturas e umidades relativas se mantiveram baixas (Tabela 1).

Aos trinta dias de armazenamento, entretanto, os grãos de café com altos níveis de umidade perderam água o suficiente para se enquadrarem dentro do limite de 11 a 13%, ideal para boa conservação.

A partir de 120 dias, os níveis de umidade, tanto para o café de terreiro como para o de secador, aumentaram, seguindo o aumento da umidade relativa no período (Tabela 1) e tenderam a se igualar, com teores acima de 13% nos dois últimos meses (dezembro e janeiro) quando observou-se o período chuvoso.

Com relação às cascas dos grãos de café armazenados, observou-se um fenômeno ainda não pesquisado ou não relatado. Observando os dados, verificou-se que as cascas apresentaram níveis de umidade bem acima dos teores dos grãos, 13,99 a 22,16% para o terreiro e 13,76 a 20,95% para o secador, não havendo, possivelmente, difusão de umidade da casca para os grãos. Da mesma forma que os grãos, os valores de umidade das cascas diminuíram e aumentaram, seguindo as condições ambientais. A partir do terceiro mês de armazenamento, observou-se o aparecimento de mofos na superfície da casca dos grãos de café com maiores níveis de umidade.

Na Tabela 2 pode-se verificar os valores médios da umidade das cascas durante o armazenamento, sendo os maiores para as cascas dos grãos armazenados com altos níveis de umidade. O café de terreiro apresentou maior valor de umidade das cascas quando comparado ao de secador. A técnica utilizada para determinação da umidade das cascas foi a mesma utilizada para os

grãos, sendo que essa metodologia pode não ser ideal para os diferentes materiais.

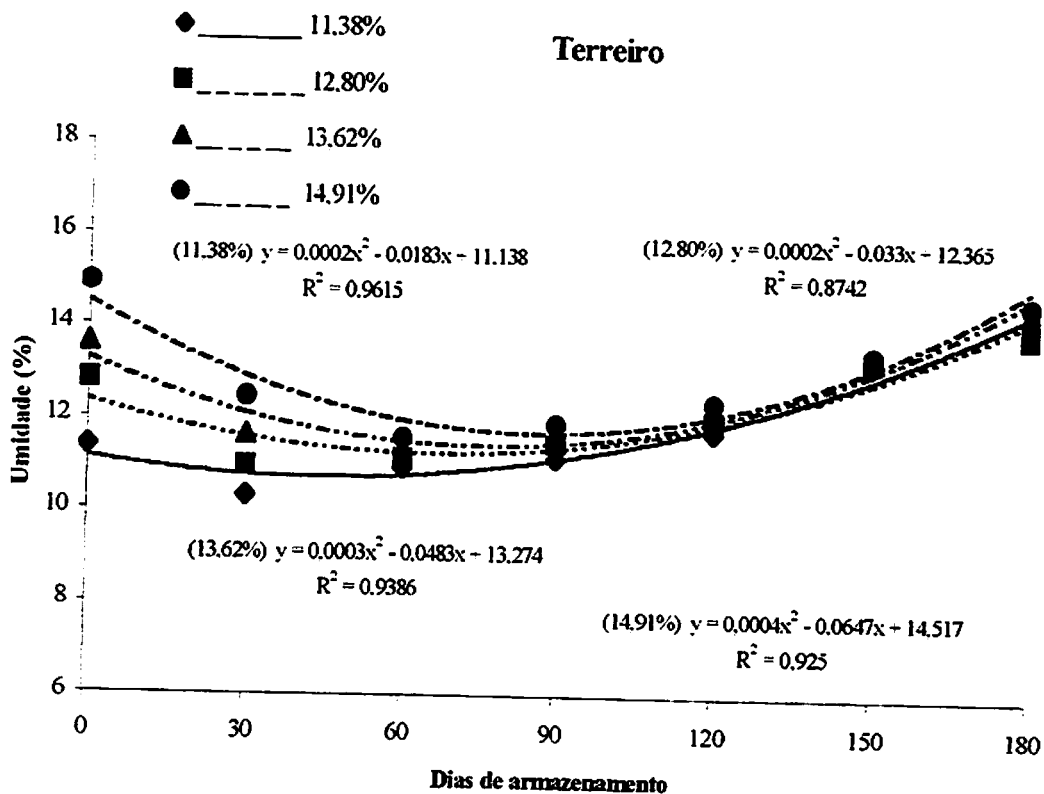
Essas diferenças de níveis de umidade, tanto para os grãos de café como para as cascas, do terreiro e secador, sugerem um efeito da temperatura de secagem no comportamento higroscópico dos mesmos.

A secagem artificial abaixa o equilíbrio higroscópico devido a mudanças químicas que ocorrem no processo de secagem, com temperaturas acima de 140°F (Tuite e Foster, 1963).

TABELA 2 Níveis de umidade médios dos grãos e cascas do café armazenado em coco, com diferentes níveis de umidade.

Sistemas de secagem	Nível de umidade inicial (%)	Umidade (%) (grãos)	Umidade (%) (cascas)
Terreiro	11,38	11,87 D	17,52 D
	12,80	12,24 C	18,05 C
	13,62	12,54 B	18,58 B
	14,91	12,94 A	19,14 A
Média		12,40 A	18,32 A
Secador	10,28	11,32 D	17,05 C
	12,54	11,77 C	17,11 BC
	12,69	11,94 B	17,18 B
	16,25	13,18 A	18,68 A
Média		12,05 B	17,51 B

\* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



**FIGURA 1** Representação gráfica e equações de regressão para níveis de umidade dos grãos de café em coco de terreiro, durante o armazenamento.

### Secador

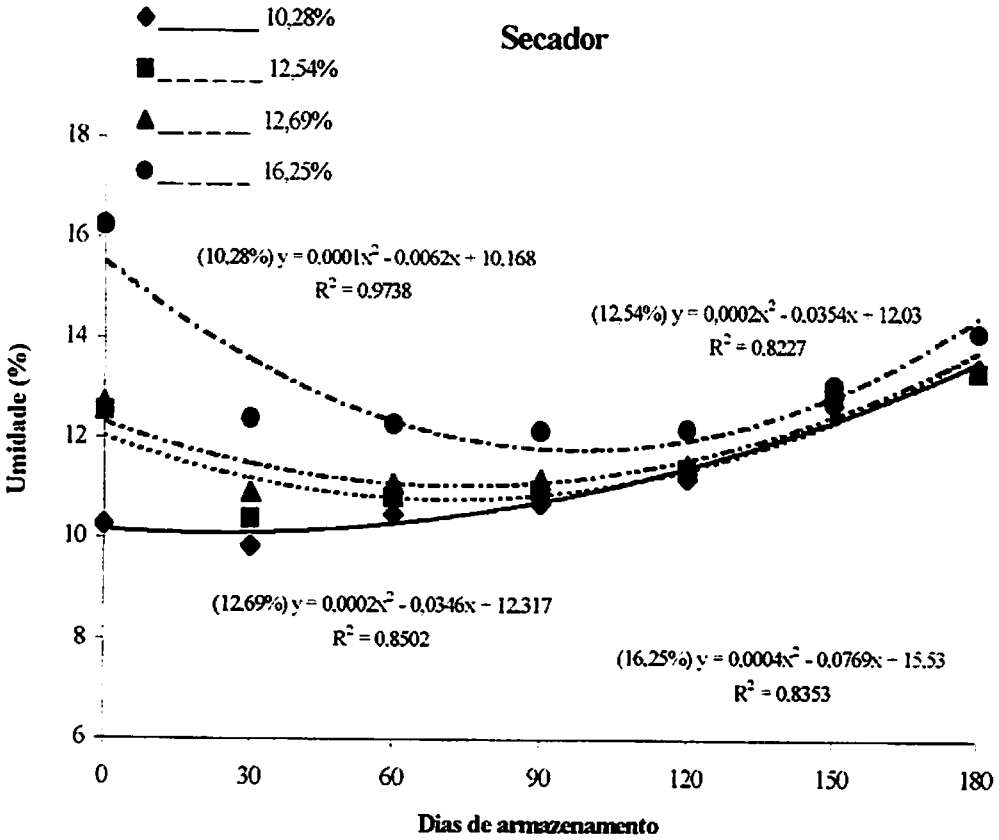


FIGURA 2 Representação gráfica e equações de regressão para teores de umidade dos grãos de café em coco do secador, durante o armazenamento.



#### 4.2 Acidez titulável total

Observa-se, na Tabela 4, os valores médios de acidez titulável total durante o armazenamento.

Apesar da análise de variância apresentar diferença significativa, no teste de média (Tabela 4) somente os grãos de café do secador apresentaram diferenças em relação à acidez, com o café de mais baixo nível de umidade (10,28%) apresentando valor igual ao de mais alto teor (16,25%), ou seja, não havendo nenhuma tendência de aumento de acidez com a elevação do nível de umidade. Segundo relatos encontrados na literatura, grãos com maiores níveis de umidade apresentam maior acidez.

A acidez média foi maior para os grãos de café de secador (264,75) do que para os de terreiro (255,73). A interação com o tempo de armazenamento também foi significativa, porém, os coeficientes de regressão foram muito baixos.

A acidez titulável total pode se elevar com o aumento da umidade relativa e temperatura, devido a alterações no café armazenado. As boas condições ambientais neste trabalho, durante a maior parte do armazenamento do café em coco, entretanto, parece não ter provocado alterações bioquímicas que aumentassem a acidez, apesar da alta umidade das cascas. Porém, em grandes armazéns, esse comportamento pode ser modificado, devido à falta de controle das condições ambientais.

Leite, Vilela e Carvalho (1996) observaram que, até sete meses de armazenamento, houve um aumento na acidez em diferentes tipos de café (médias de 177,54 para 284,79), tanto em terreiro como em secador. O período chuvoso que ocorreu nesses meses pode ter sido a causa dessa elevação na acidez.

Godinho et al. (2000) verificaram que o café em coco apresentou menores índices de acidez quando comparado ao café beneficiado no armazenamento, o que pode ser atribuído à casca e o pergaminho.

TABELA 4 Valores médios de acidez titulável total e compostos fenólicos dos grãos de café para os diferentes níveis de umidade e sistemas de secagem, durante o armazenamento do café em coco.

Sistemas de secagem	Nível de umidade inicial (%)	Acidez titulável total (mlNaOH 0,1N/100g)	Compostos fenólicos (%)
Terreiro	11,38	257,67 A	6,98 A
	12,80	257,62 A	7,06 A
	13,62	253,38 A	6,77 A
	14,91	254,29 A	7,16 A
Média		255,73 B	6,99 A
Secador	10,28	269,86 A	7,28 A
	12,54	261,81 B	6,64 B
	12,69	253,14 C	7,27 A
	16,25	274,19 A	6,95 AB
Média		264,75 A	7,03 A

\* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

### **4.3 Compostos fenólicos totais**

Na Tabela 4 são observados os valores médios dos compostos fenólicos totais presentes nos grãos de café de terreiro e secador, durante o armazenamento.

Os compostos fenólicos não tiveram, em média, variações significativas entre os diferentes níveis de umidade no terreiro, com pequenas diferenças para os grãos de café de secador (Tabela 4). Não houve, na média geral, variação entre os grãos de café de terreiro e secador.

Apesar das interações terem sido significativas durante o armazenamento, porém com baixos coeficientes de regressão, não se pode prever um comportamento para o café em coco durante o armazenamento.

Leite, Vilela e Carvalho (1996) notaram que os compostos fenólicos para diferentes tipos de café sofreram uma queda aos quatro meses de armazenamento (de 5,44 para 4,58%), aumentando aos sete meses (6,24%) e tomando-se constante até o final do período.

Godinho et al. (2000) observaram, para grãos de café armazenados em coco e beneficiado, flutuações durante o período de armazenamento, com menores valores de compostos fenólicos ao final do período.

### **4.5 Atividade da polifenoloxidase**

A Tabela 5 apresenta os valores médios de atividade da polifenoloxidase dos grãos de café armazenados em coco de terreiro e secador, com diferentes níveis de umidade.

Verifica-se, pela mesma tabela, um maior valor da polifenoloxidase no segundo nível de umidade para o café de terreiro. Para o café de secador, observou-se maiores valores para os dois níveis de menor umidade. Verifica-se uma tendência de diminuição da atividade da enzima com os grãos de café de

maiores níveis de umidade. Na média geral, os grãos de café de terreiro apresentaram maior atividade da polifenoloxidase (71,85) em relação aos de secador (71,38).

Durante o armazenamento verificou-se uma tendência à elevação dos valores de polifenoloxidase para os grãos de café de terreiro com menores teores iniciais de umidade (Figura 3). Nos grãos de café de secador todos tiveram tendência a aumentar (Figura 4), também com maiores valores para os grãos de menores níveis de umidade.

Leite, Vilela e Carvalho (1996) observaram, com o tempo de armazenamento, um decréscimo da atividade da polifenoloxidase. Para grãos de café de secador verificou-se menor atividade enzimática, quando comparados aos grãos de café de terreiro, como neste trabalho.

Godinho et al. (2000) verificaram não haver diferenças significativas entre os grãos de café armazenados em coco e beneficiado. Entretanto, os valores variaram durante o armazenamento até o oitavo mês, com posterior aumento na atividade da enzima polifenoloxidase.

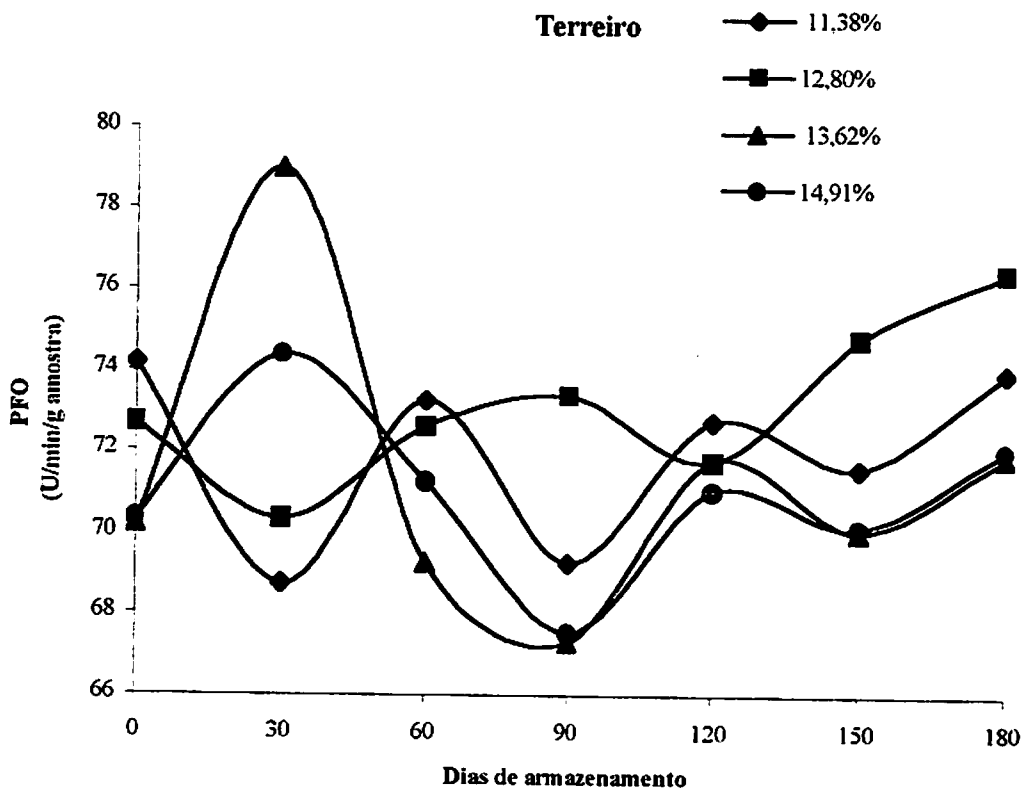
A maioria dos trabalhos com relação a atividade da polifenoloxidase durante o armazenamento, verificados na revisão, se referem a café beneficiado e períodos superiores a um ano.

No armazenamento do café em coco, mesmo com diferentes níveis de umidade, observou-se pequenos aumentos da atividade da polifenoloxidase, no final, ao contrário de pesquisas que observaram decréscimos na atividade. Esse aumento pode ter ocorrido pela elevação da temperatura e umidade relativa nos dois últimos meses. Assim, o comportamento do café em coco parece ser diferente, com relação à manutenção da qualidade, pelo menos por um curto período de armazenamento, conforme já pesquisado por Godinho et al. (2000).

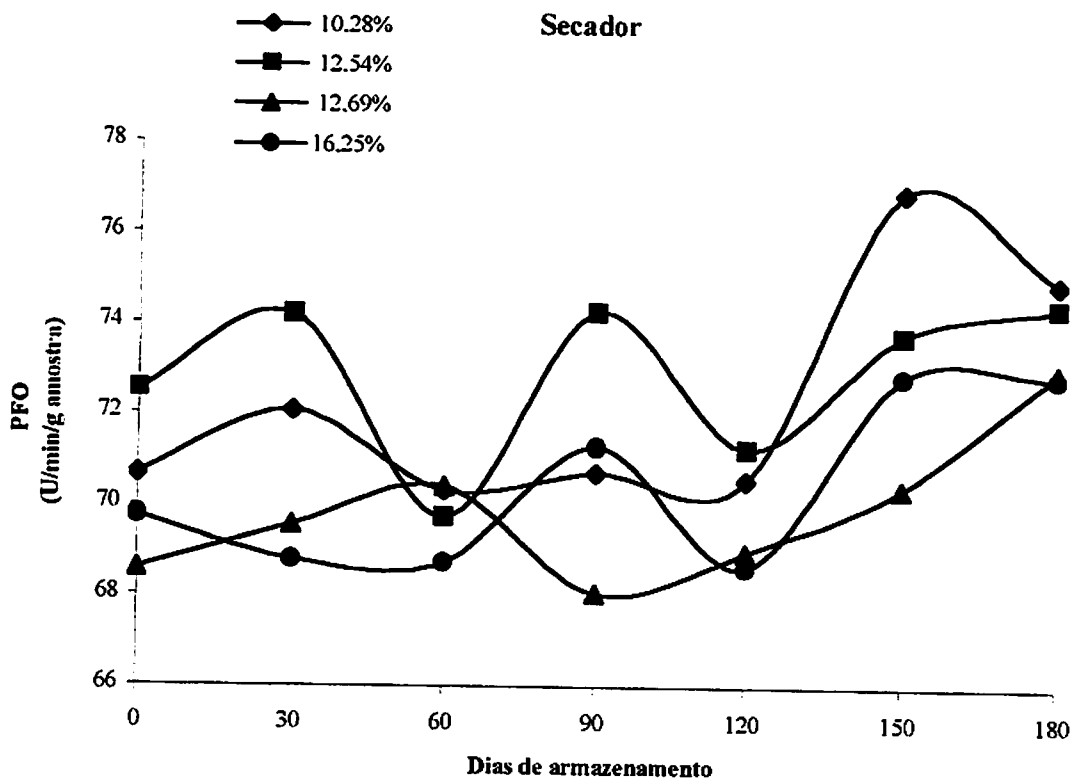
TABELA 5 Valores médios de atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) para os diferentes níveis de umidade e sistemas de secagem, durante o armazenamento.

Sistemas de secagem	Nível de umidade inicial (%)	Atividade da PFO (U/min/g)
Terreiro	11,38	71,96 B
	12,80	73,14 A
	13,62	71,34 B
	14,91	70,96 B
Média		71,85 A
Secador	10,28	72,33 A
	12,54	72,89 A
	12,69	69,86 B
	16,25	70,43 B
Média		71,38 B

\* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



**FIGURA 3** Representação gráfica para a atividade enzimática da polifenoloxidase dos grãos de café em coco de terreiro, durante o armazenamento.



**FIGURA 4** Representação gráfica para a atividade enzimática da polifenoloxidase dos grãos de café em coco de secador, durante o armazenamento.

#### 4.5 Lixiviação de Potássio

Na Tabela 6 e Figuras 5 e 6, pode-se observar os dados médios de lixiviação de potássio em função do nível de umidade, e as variações durante o armazenamento dos grãos de café armazenado em coco.

Para o café de terreiro os grãos com níveis de umidade inicial mais altos apresentaram, em média, menores valores de lixiviação. Para o café de secador somente os grãos com teor mais alto de umidade apresentou menor lixiviação (Tabela 6). A média geral de lixiviação de potássio dos grãos do secador (41,55) foi maior do que a média do café de terreiro (34,83).

Em relação ao armazenamento (Figuras 5 e 6), houve uma tendência de crescimento inicial da lixiviação de potássio e posterior diminuição até o final do armazenamento, para os grãos de café com diferentes níveis de umidade, retirados tanto do terreiro como do secador.

Prete (1992) verificou que grãos com níveis de umidade próximos a 8% a abaixo deste valor, apresentaram intensa lixiviação de íons.

Godinho et al. (2000) verificaram um aumento significativo nos valores de lixiviação de potássio durante o armazenamento. Os grãos de café armazenados beneficiados apresentaram maiores valores em relação ao café armazenado em coco. Esse aumento pode ser devido a alterações ocorridas nas membranas celulares por fatores como umidade e temperatura de armazenamento, nos grãos beneficiados mais expostos.

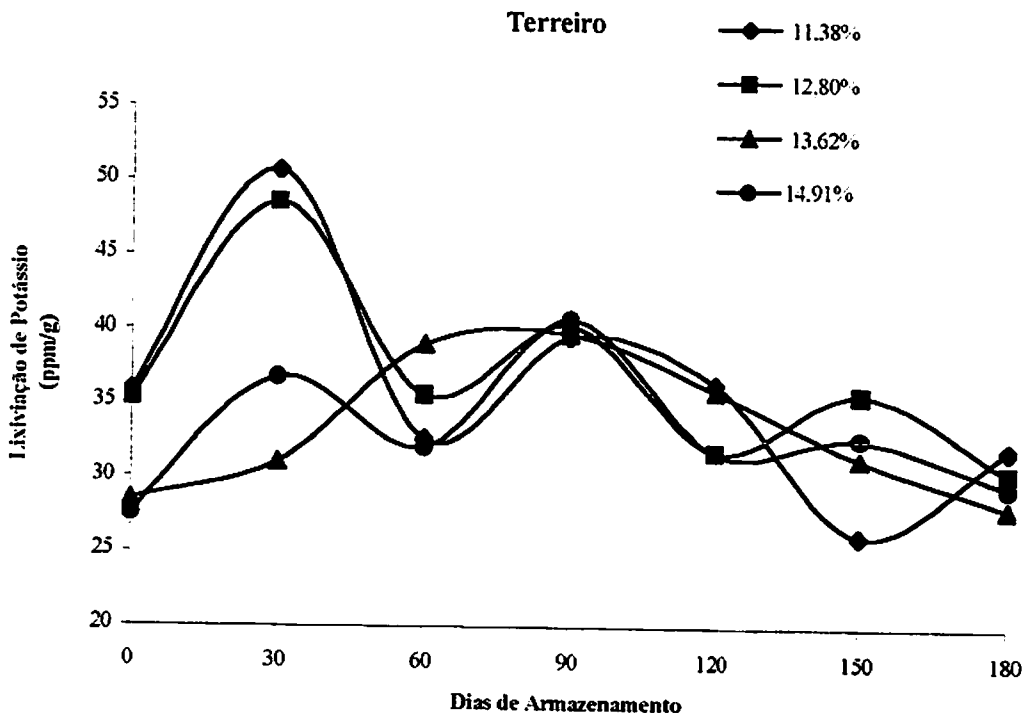
Nos grãos de café em coco apresentados nesse trabalho, novamente podemos ver resultados contrários ao esperado, mantendo-se a qualidade em relação à integridade dos grãos.



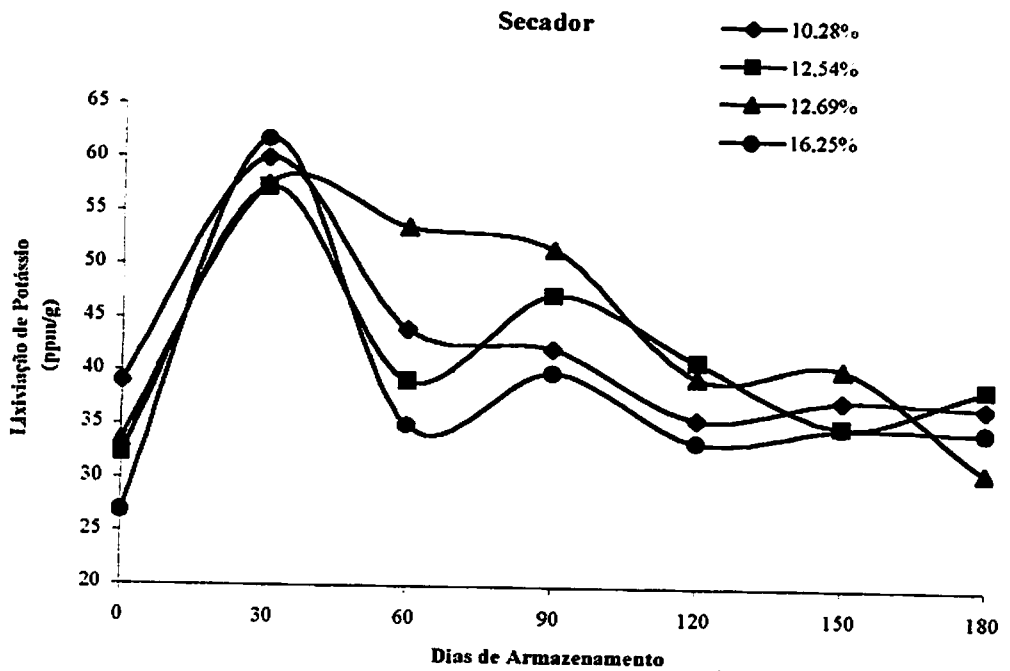
TABELA 6 Valores médios de lixiviação de potássio para os diferentes níveis de umidade e sistemas de secagem, durante o armazenamento do café em coco.

Sistemas de Secagem	Nível de umidade Inicial (%)	Lixiviação de Potássio (ppm/g)
Terreiro	11,38	36,17 A
	12,80	36,80 A
	13,62	33,36 B
	14,91	33,00 B
Média		34,83 B
Secador	10,28	42,32 B
	12,54	41,66 B
	12,69	44,02 A
	16,25	38,21 C
Média		41,55 A

\* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



**FIGURA 5** Representação gráfica para lixiviação de potássio dos grãos de café de terreiro, durante o armazenamento de café em coco.



**FIGURA 6** Representação gráfica para lixiviação de potássio dos grãos de café de secador, durante o armazenamento de café em coco.

#### 4.7 Açúcares totais, redutores e não redutores

Os resultados médios dos açúcares em relação ao nível de umidade estão apresentados na Tabela 7, e as variações com o armazenamento podem ser vistas nas Figuras 7, 8 e 9.

Pela Tabela 7, observa-se que em geral houve diferenças significativas entre todos os açúcares para os diferentes níveis de umidade inicial, porém sem nenhuma tendência com relação ao aumento ou diminuição. Os valores encontram-se dentro das faixas normais, sendo de 5 a 10% para açúcares totais (Prete, 1992); sacarose de 1,9 a 10% (Amorim, 1972) e redutores de 0 a 5% (Tango, 1971; Leite, 1991).

Podemos observar pelas Figuras 7, 8 e 9 que o café armazenado em coco com diferentes níveis de umidade apresentou, em geral, durante o armazenamento, tendência de aumento nos teores de açúcares. Esse aumento de açúcares pode estar relacionado com alguma atividade enzimática, como glicosidases, ou mesmo difusão da casca, muito úmida e que é rica nestes componentes, para o grão.

Godinho et al. (2000) verificaram teores mais altos de açúcares redutores no café armazenado em coco em relação ao armazenado beneficiado, cujos teores declinaram a partir do quarto mês de armazenamento. Quanto aos açúcares totais e não redutores, não variaram com o armazenamento e entre o café em coco e beneficiado.

TABELA 7 Valores médios de açúcares totais, redutores e não redutores para os diferentes níveis de umidade e sistemas de secagem, durante o armazenamento do café em coco.

Sistemas de Secagem	Nível de umidade Inicial (%)	Açúcares Totais (%)	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Não Redutores (%)
Terreiro	11,38	7,46 C	1,32 D	5,88 A
	12,80	7,91 A	1,48 C	6,11 A
	13,62	8,09 A	1,64 A	6,12 A
	14,91	7,68 B	1,53 B	6,06 A
Média		7,78 B	1,49 A	6,04 B
Secador	10,28	7,72 C	1,15 B	6,24 B
	12,54	8,31 A	1,15 B	6,81 A
	12,69	8,14 A	1,21 A	6,59 A
	16,25	7,93 B	1,22 A	6,28 B
Média		8,03 A	1,18 B	6,48 A

\* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

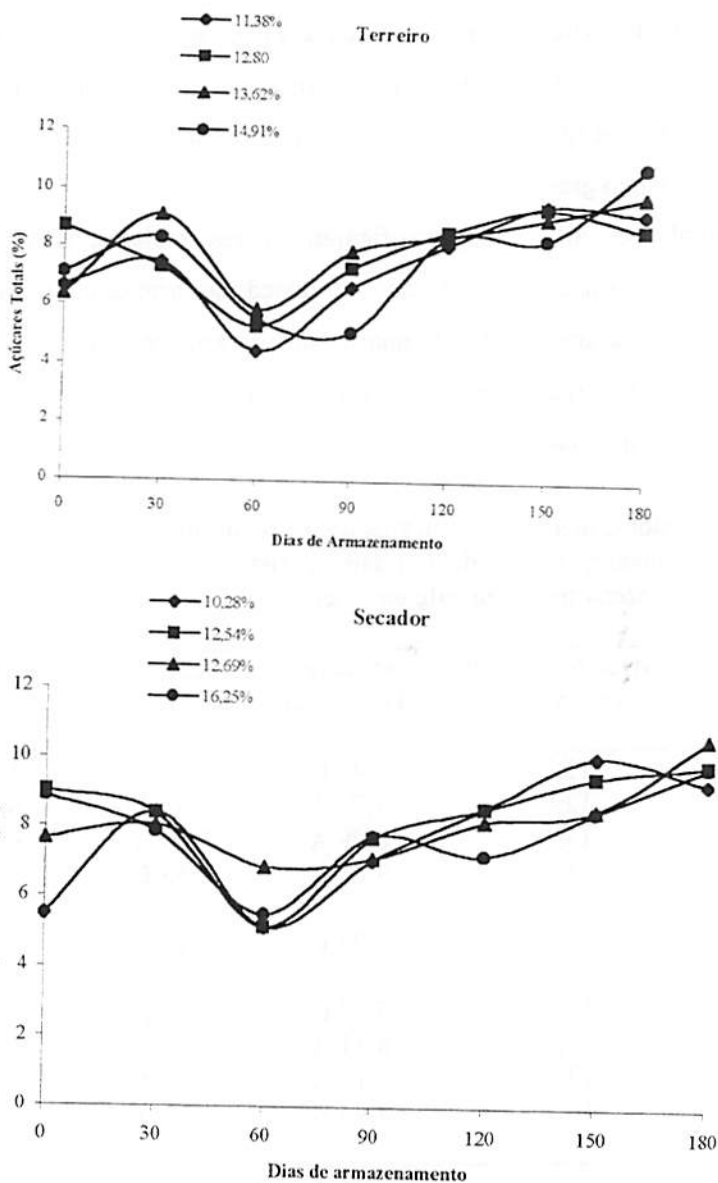


FIGURA 7 Representação gráfica para açúcares totais dos grãos de café em coco de terreiro e secador, durante o armazenamento.

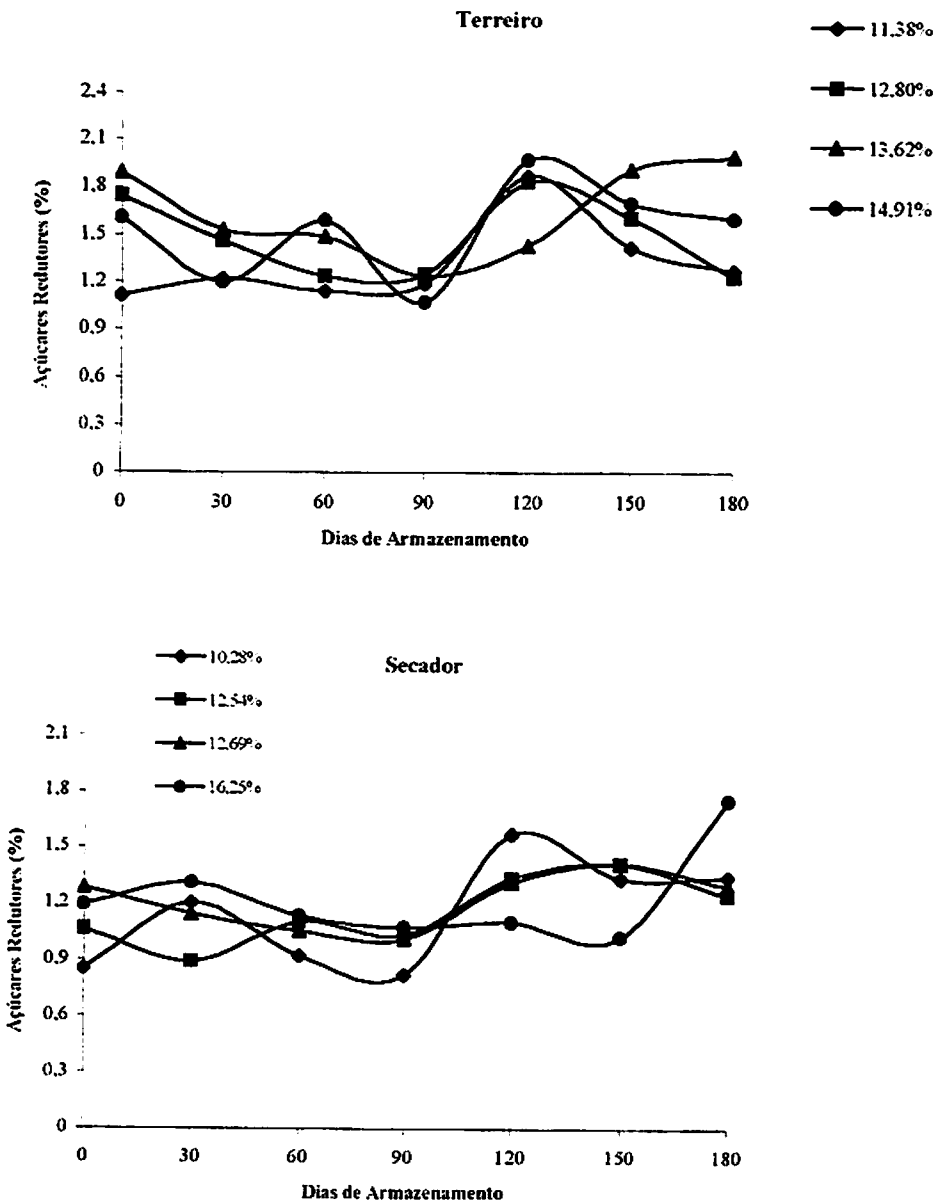
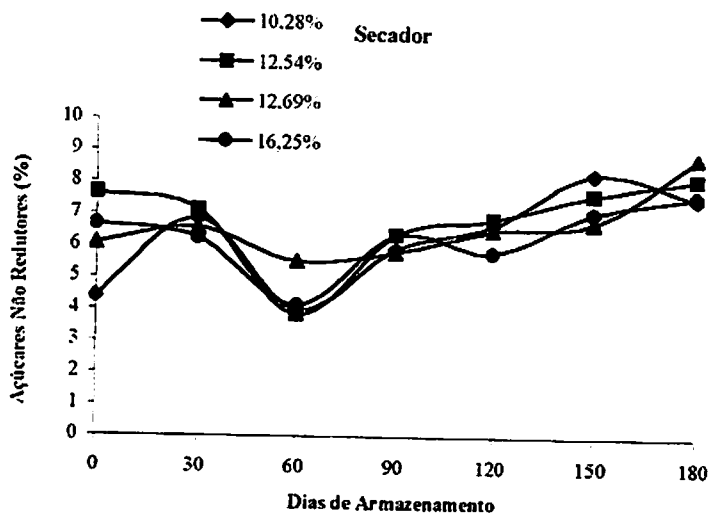
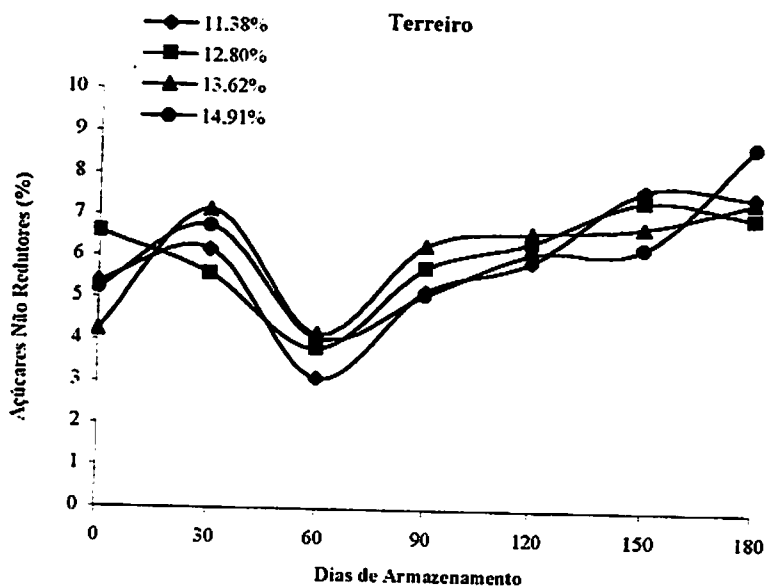


FIGURA 8 Representação gráfica para açúcares redutores dos grãos de café em coco de terreiro e secador, durante o armazenamento.



**FIGURA 9** Representação gráfica para açúcares não redutores dos grãos de café em coco de terreiro e secador, durante o armazenamento.

#### 4.8 Índice de coloração

Na Tabela 8 pode-se observar os valores médios do índice de cor em relação ao nível de umidade inicial do café armazenado em coco e, nas Figuras 10 e 11, o comportamento durante a armazenagem.

Pelas médias da Tabela 8 verifica-se que os grãos com maior nível de umidade do café armazenado em coco, tanto de terreiro como de secador, apresentaram menores índices de cor. Esta média, porém, está muito acima do índice que caracteriza grãos branqueados.

Na média geral, os grãos do café de terreiro tiveram um índice de cor (1,48) maior que os de secador (1,37).

No armazenamento (Figuras 10 e 11), os grãos mantiveram um alto índice até os 90 dias, decrescendo posteriormente até o final do armazenamento, porém, não atingindo valores de 0,600 (D.O. 425 nm), característico de branqueamento (Oliveira, 1995).

O branqueamento intenso não ocorreu, como relatado por diversos autores, com altas umidades de armazenamento, como 14,91% e 16,25% devido, talvez, a proteção da casca e do pergaminho quando se armazena café em coco. Conforme visto anteriormente, não houve grandes alterações com relação à acidez, atividade da polifenoloxidase e compostos fenólicos, que são componentes relacionados com a perda de cor dos grãos.

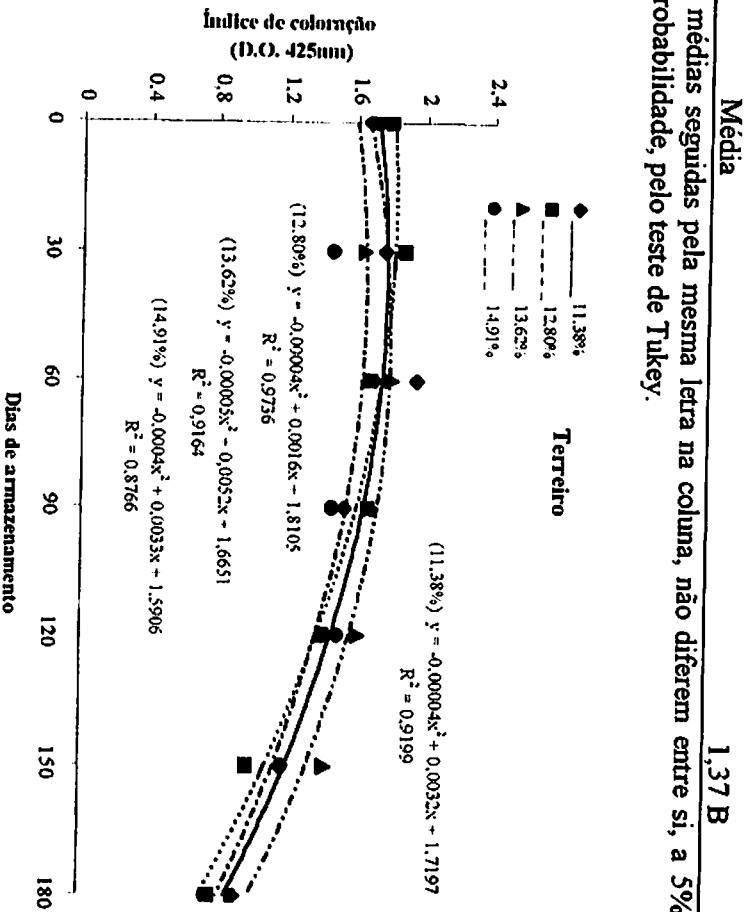
Godinho et al. (2000) verificaram que o café em coco conserva melhor a cor quando comparado ao café beneficiado durante o armazenamento.



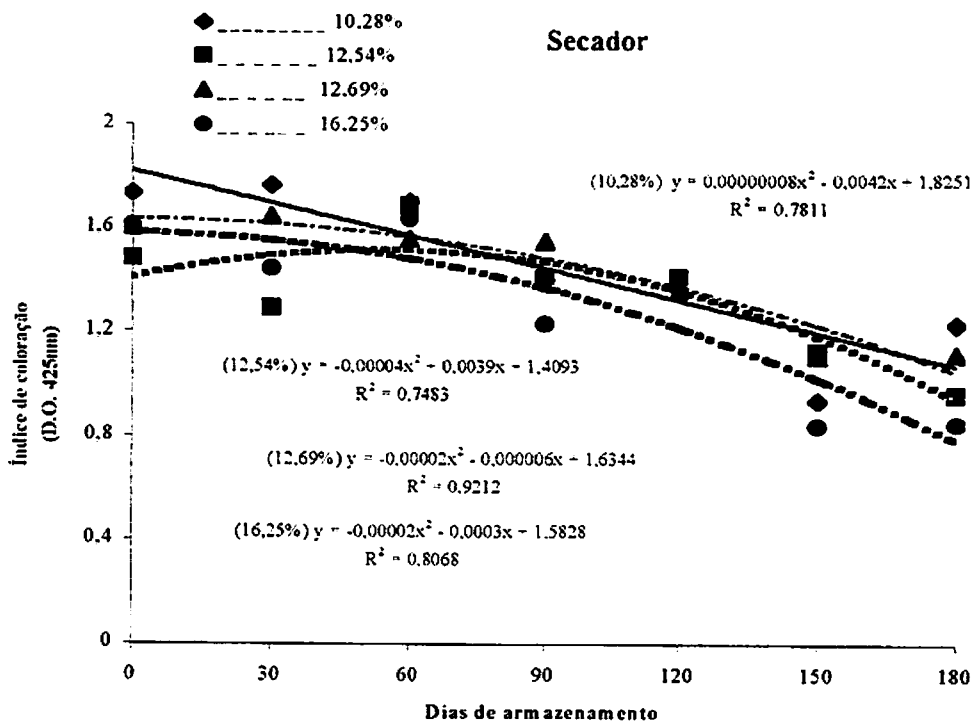
**TABELA 8** Valores médios de índice de coloração para os diferentes níveis de umidade e sistemas de secagem, durante o armazenamento do café em coco.

Sistemas de secagem	Nível de umidade inicial (%)	Índice de coloração (D.O. 425 nm)
Terreiro	11,38	1,49 B
	12,80	1,46 C
	13,62	1,55 A
	14,91	1,40 D
Média		1,48 A
Secador	10,28	1,45 A
	12,54	1,34 C
	12,69	1,42 B
	16,25	1,29 D
Média		1,37 B

\* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



**FIGURA 10** Representação gráfica e equações de regressão para índice de coloração dos grãos de café em coco de terreiro, durante o armazenamento.



**FIGURA 11** Representação gráfica e equações de regressão para índice de coloração dos grãos de café em coco de secador, durante o armazenamento.

#### 4.9 Classificação do café

Com relação à classificação, houve pouca diferença no número de defeitos entre os vários níveis de umidade e em relação ao armazenamento, com melhores tipos para o café de terreiro (Tabela 9). A bebida permaneceu como bebida dura e o peso de 100 grãos também não variou. Somente a coloração dos grãos após o armazenamento se apresentou com aspecto manchado, por causa de condições de armazenamento nos últimos dois meses (dezembro e janeiro), não afetando, porém, a estrutura dos grãos, pois não verificou-se o branqueamento. Antes deste período chuvoso, durante as análises, não observou-se, entretanto, o aspecto manchado (Tabela 9).

Leite, Vilela e Carvalho (1996) observaram que, para os grãos de café de secador, o armazenamento não afetou o peso dos grãos de café verde, bóia e despulpado, porém, foi efetivo em aumentar o peso dos grãos de café mistura. Para o terreiro, verificou-se ligeiro decréscimo no peso dos grãos para o café verde e aumento aos quatro meses para os demais grãos de café.

TABELA 9 Classificação do café no início e no final do armazenamento.

Tipo de secagem	Nível de umidade Inicial	Tipo		Bebida		Cor		Peso de 100 grãos	
		I	F	I	F	I	F	I	F
Terreiro	11,38	6-30	7	dura	dura	esverdeada	manchada	13,27	13,75
	12,80	6-35	6-25	dura	dura	esverdeada	manchada	13,04	13,38
	13,62	6-25	6-45	dura	dura	esverdeada	manchada	13,82	13,68
	14,91	6-10	6-45	dura	dura	esverdeada	manchada	13,87	13,71
Secador	10,28	7-25	7-5	dura	dura	esverdeada	manchada	12,80	12,63
	12,54	7	7-5	dura	dura	esverdeada	manchada	13,19	13,60
	12,69	7	7-5	dura	dura	esverdeada	manchada	13,32	13,13
	16,25	6-30	6-45	dura	dura	esverdeada	manchada	13,50	13,31

I = Início do armazenamento

F = Final do armazenamento

## 5 CONCLUSÕES

- ✓ Com um mês de armazenamento, os grãos de café com teores mais altos de umidade perderam o excesso de água, igualando-se aos grãos dentro da faixa limite (11 a 13%), apesar de a casca permanecer com alto nível de umidade. À exceção dos meses de dezembro e janeiro, as condições de temperatura e umidade relativa permitiram que os grãos se estabilizassem nesta faixa.
  
- ✓ Pelos valores de acidez titulável, compostos fenólicos, atividade da polifenoloxidase, lixiviação de potássio e açúcares (totais, redutores e não redutores), pôde-se concluir que o café armazenado em coco com níveis de umidade acima do limite (13%), não perdeu a sua qualidade após o período de armazenamento.
  
- ✓ Após o armazenamento, o café manteve as mesmas características de tipo, bebida e peso de grãos.
  
- ✓ O branqueamento intenso não foi verificado, mesmo nos grãos de café com altos níveis de umidade.
  
- ✓ O café de terreiro apresentou melhores características de qualidade, quando comparado ao café de secador, quanto ao índice de coloração, à acidez e à lixiviação de potássio.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.M.A.; CARVALHO, V.D.; BOTREL, N. Efeito de níveis de adição de defeito "verde" na composição química de cafés classificados como bebida "estritamente mole". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.6, p. 456-461, jun. 1996.
- AMORIM, H.V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ, 1972. 136p. (Tese – Doutorado em Bioquímica).
- AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade.** Piracicaba: ESALQ, 1978. 85p. (Tese – Livre Docência em Bioquímica).
- AMORIM, H.V.; CRUZ, A.R.M.; DIAS, R.M.; GUTIERREZ, L.E.; OLIVEIRA, G.D.; MELO, M.; TEIXEIRA, A.A. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1977, Guarapari. *Resumos...* Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p. 15-18.
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. **Relação da atividade da polifenoxidase do grão de café (*Coffea arabica* L.) com a qualidade da bebida.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1968. 16p. (Boletim Técnico, 31).
- AMORIM, H.V.; SMUCHER, R.; PFISTER, R. Some physical aspects of Brazilian green coffee beans and the quality of the beverage. *Turrialba*, San Jose, v.26, n.1, p. 24-27, 1976.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba. *Resumos...* Rio de Janeiro: MIC/TBC, 1975. p. 21-23.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemists.** 15.ed. Washington, 1990. 684p.
- BACCHI, O. O branqueamento dos grão de café. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.28, p. 476-484, 1962.
- CAMARGO, R. de; TELLES, A. de Q.J. **O cafeeiro no Brasil: sua aclimação e industrialização.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1953. 535p. (Série Estudos Brasileiros, 4).
- CARELLI, M.L.C.; LOPES, C.R.; MONACO, L.C. Clorogenic acid content in species of *Coffea* and selections of *Coffea arabica*. **Turrialba**, San José, v.24, n.4, p. 398-401, 1974.
- CARVALHO, V.D. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade do café.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 73p. (Curso de Especialização Pós-Graduação "Latu Sensu" por Tutoria à Distância – Cafeicultura Empresarial: produtividade e qualidade).
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR., E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão de café beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p. 449-455, 1994.
- CHAGAS, S.J.R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios das regiões produtoras de Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1994. 83p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- CHASSEVENT, F. XII Colloque Scientific International sur le Café, rapport de synthèse – agronomie. **Café Cacao Thé**, Paris, v.31, n.3, p. 219-221, 1987.
- CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffee beans. **Process of Biochemistry**, Rickmansworth, p. 20-23, 1975.

- COELHO, K.F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos.** Lavras: UFLA, 2000. 96p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- DRAETTA, I.S.; LIMA, D.L. **Isolamento e caracterização das polifenoloxidasas do café.** Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.7, p. 13-28, jun. 1976.
- GIBSON, A. **Photochemical aspects of east african arabica coffees. I. The importance of integument pigmentation. II. Raw bean colours produce from Kahweol esters.** In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 1971, Paris. **Resumés...** Paris: ASIC, 1971. p. 246-258.
- GIRANDA, R. do N. **Aspectos qualitativos de cafés (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes processos de secagem.** Lavras: UFLA, 1998. 83p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- GIÚDICE, P.M.; AZEVEDO, J.M.P.; COELHO, D.T.; HARA, T.; PINHEIRO FILHO, J.B.; PUZZI, D. **Primeiro curso intensivo sobre manuseio, armazenamento e secagem de café: volume 2.** Viçosa: UFV, 1969. 282p.
- 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 - ESPECIAL**, Viçosa, n.1, p. 38-43, 2000.
- GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. **Changes in tannins in ripening fruits.** **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p. 371-382, 1963.
- GRANER, E. A.; GODOY, J.C. **Manual do cafeicultor.** São Paulo: Melhoramentos, 1967. 320p.
- HARBORNE, J.B. **Flavonoids: distribution and contribution to plant colour.** In: GOODWIN, T. W. **Chemistry and biochemistry of plant pigments**, London: Academic Press, 1965. p. 247-278.



- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Cultura do café no Brasil: manual de recomendações. 2.ed. Rio de Janeiro, 1977. 36p.**
- ILLY, A.; VIANNI, R. Espresso coffee: The chemistry of quality. San Diego: Academic Press, 1995. 235p.**
- 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: UFLA, 1991. 135p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).**
- 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.**
- LOPES, R.P. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem. Viçosa: UFV, 1988. 131p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola).**
- MAJUNDER, S.K.; NATARAJAN, C. P.; BATHIA, D.S. Some aspects of the storage of coffee under warehouse conditions. Indian Coffee, Bangalore, v.26, n.6, p. 169-170, 1962.**
- MAZZAFERA, P.; GUERREIRO, F.O.; CARVALHO, A. Estudo de coloração verde de grãos de café: determinação de flavonóides e clorofilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 11., 1984, Londrina. Resumos... Londrina: MIC/IBC, 1984. p. 178-181.**
- McLOY, J.F. Mechanical drying of arabica coffee. Kenya Coffee, Nairobi, v.44, n.516, p. 13-26, 1979.**
- 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. I. Características, color y aspecto. **Agricultura de las Américas**, Kansas City, v.16, n.5, p. 18-21, 1967.
- MYIA, E.E.; GARRUTI, R. S.; CHAIB, M.A.; ANGELUCCI, E.; FIGUEIREDO, I.; SHIROSE, I.** Defeitos do café e qualidade da bebida. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.5, p. 417-432, 1974.
- MULTON, J.L.; POISSON, J.; CAHAGNIER, B.; HAHN, D.; BAREL, M.; SANTOS, A.C.** Evolution de plusieurs caractéristiques dun café arabica au cours dun stockage experimental effectué à cinq humidités relatives et quatre températures différentes. **Café Cacao Thé**, Paris, v.18, n.2, p. 121-132, avr./juin. 1974.
- NELSON, N.** A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1, p. 375-384, 1944.
- NJOROGE, S. M.** Notes on the chemical basis of coffee quality. **Kenya Coffee**, Nairobi, p. 152-154, 1987.
- NORTHMORE, J.M.** Some factors affecting the quality of Kenya coffee. **Turrialba**, San José, v.15, n.3, p. 184-193, 1965.
- NORTHMORE, J.M.** Photochemical aspects of coffee quality research. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.31, n.368, p. 339-341, 1966.
- NORTHMORE, J.M.** Raw bean colors and the quality of Kenya arabica coffee. **Turrialba**, San José, v.31, n.368, p. 339-341, 1968.
- ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ (OIC).** Quantitative descriptive flavours profiling of coffee from COOPARAÍSO-MG, Brasil. Londres, 1991. não paginado. (Reporte de Evaluación Sensorial).

- OLIVEIRA, J.C. **Relação da atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase dos grãos de café e qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1972. 80p. (Tese – Doutorado em Ciências dos Alimentos).
- OLIVEIRA, M.V. **Efeito do armazenamento no branqueamento de grão de café beneficiado: modelagem matemática de processo.** Lavras: UFLA, 1995. 99p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PEREIRA, M. J. **Proof of the existence of a chlorogenic oxidase in the coffee beans, change in its activity according to the age of the bean.** *Estudos Agronômicos*, Lisboa, v.3, n.4, p. 151-156, 1962.
- PEREIRA, R.G.F.A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) "Estritamente mole".** Lavras: UFLA, 1997. 96p. (Tese – Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468p.
- PIMENTA, C.J.; COSTA, L.; CHAGAS, S.J.R. **Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação.** *Revista Brasileira de Armazenamento - ESPECIAL*, Viçosa, n.1, p. 23-30, 2000.
- PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos de quatro estádios de maturação.** Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PONTING, J.D.; JOSLYN, M.A. **Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts.** *Archives of Biochemistry*, New York, v.19, p. 47-63, 1948.
- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** Piracicaba, ESALQ, 1992. 125p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603p.
- RIGITANO, A.; TOSELLO, A.; SOUZA, O.F.; GARRUTI, R. S.; JORGE, J.P.N. Observações preliminares sobre armazenamento de café beneficiado a granel. **Bragantia**, Campinas, v.23, n.4, p. 39-43, jan. 1964.
- ROTEMBERG, B.F.; IANCHAN, A. Método químico automático para diferenciação de café bebida. **Revista Brasileira de Tecnologia**, São Paulo, v.2, n.2, p. 67-69, 1971.
- SABBAGH, N.; YOKOMIZO, Y.; FARIA, T.B. Influência da torração nos conteúdos de monossacarídeos de cafés arábica, robusta e do híbrido Icatu. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, p. 111-130, 1977.
- SANTOS, A.C; HAHN, D.; CAHAGNIER, B.; DRAPRON, R.; GUILBOT, A.; LEFEBVRE, J.; MULTON, J.L.; POISSON, J.; TRENTESAUX, E. Étude de l'évolution de plusieurs caractéristiques d'un café arabica au cours d'un stockage expérimental effectué a cinq humidités relatives différentes. **Café Cacao Thé**, Paris, v.15, n.4, p. 329-339, oct./dec. 1971.
- SINGLETON, V.L. The total phenolic content of grape berries during the maturation of several varieties. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.17, p. 126-134, 1966.
- SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**, Westport, p. 527-575, 1979.
- STIRLING, H.G. Further experiments on factors affecting quality loss in stored arabica coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.40, n.466, p. 28-35, Jan. 1975.
- SUBRAHMANYAN, V.; BATHIA, D.S.; NATARAJAN, C. P.; MAJUNDER, S.K. Storage of coffee beans. **Indian Coffee**, Bangalore, v.25, n.1, p. 26-36, 1961.

- TANGO, J.S. Utilização industrial do café e dos seus subprodutos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p. 48-73, 1971.
- 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, 1977.
- TOSELLO, A. Beneficiamento e armazenamento. In: GRANER, E. A. (coord.). **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Melhoramentos, 1967. p. 247-320.
- TRAVAGLINI, D.; TOSELLO, Y. Aplicação da equação de Henderson em estudos de umidade de equilíbrio em café em coco, despulpado e beneficiado. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.2, p. 403-413, 1968.
- TUITE, J.; FOSTER, G.H. Effect of artificial drying on the hygroscopic properties of com. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.40, p. 630-637, 1963.
- VALENCIA, A.G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida de café. **Cenicafé**, Caldas, v.23, p. 3-18, 1972.
- VILELA, E.R. Secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.1, n.187, p. 63-67, 1997.
- VILELA, E.R.; PEREIRA, R.G.F.A. Pós colheita e qualidade do café: armazenamento e processamento de produtos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. 4v.
- WILBAUX, R.; HAHN, D. Contribution a l'étude des phénomènes intervenant au cours de la conservation du café verte. **Café, Cacao Thé**, Paris, v.10, n.4, p. 324-367, oct./dec. 1966.

## ANEXOS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1 A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade dos grãos e umidade das cascas de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.....	62
2 A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para densidade, acidez titulável total (ATT), compostos fenólicos totais (CFT) de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.....	63
3 A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para polifenoloxidase (PFO), lixiviação de potássio e índice de coloração de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.....	64
4 A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.....	65

TABELA 1A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade dos grãos e umidade das cascas de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses (15 em 15 dias).

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Umidade (grãos)	Umidade (cascas)
Tipo de secagem (A)	1	9,37387 **	51,73623 **
Nível de umidade (B)	3	29,73516 **	39,24534 **
A X B	3	2,99707 **	3,86294 **
Erro 1	16	0,00235	0,03044
Armazenamento (C)	12	20,48390 **	104,66787 **
A X C	12	0,38575 **	0,71077 **
B X C	36	1,56435 **	3,02887 **
A X B X C	36	0,17234 **	0,43372 **
Erro 2	192	0,00358	0,02708
Média Geral		12,22442	17,91426
CV 1 (%)		0,39625%	0,97384%
CV 2 (%)		0,48915%	0,91867%

\* significativo a 5% Teste de F

\*\* significativo a 1% Teste de F

n.s - não significativo, Teste de F

TABELA 2 A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para densidade, acidez titulável total (ATT), compostos fenólicos totais (CFT) de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios	
		ATT	CFT
Tipo de secagem (A)	1	3411,00595 **	0,07304 ns
Nível de umidade (B)	3	1083,02182 **	0,57520 ns
A X B	3	831,48214 **	1,93166 **
Erro 1	16	76,33333	0,23604
Armazenamento (C)	6	13039,93651 **	5,72374 **
A X C	6	1088,76984 **	0,29041 ns
B X C	18	1265,43386 **	1,28577 **
A X B X C	18	1292,28307 **	1,21723 **
Erro 2	96	118,14583	0,16448
Média Geral		260,2440	7,01330
CV 1 (%)		3,35719 %	6,92734%
CV 2 (%)		4,17665 %	5,78270%

\* significativo a 5% Teste de F

\*\* significativo a 1% Teste de F

ns - não significativo, Teste de F



TABELA 3 A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para polifenoloxidase (PFO), lixiviação de potássio e índice de coloração de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação		GL	Quadrados Médios		
			PFO (U/min/g)	Lixiviação de K (ppm/g)	Índice de Coloração (D.O. 425 nm)
Tipo de secagem (A)		1	9,39094 *	1895,91367 **	0,44219 **
Nível de unidade (B)		3	57,71068 **	127,63144 **	0,19161 **
A X B		3	6,31562 *	75,43559 **	0,01601 **
Erro 1		16	1,56148	3,31848	0,00033
Armazenamento (C)		6	36,47009 **	1022,85950 **	2,10299 **
A X C		6	17,96955 **	162,59503 **	0,11010 **
B X C		18	10,46968 **	69,42882 **	0,03704 **
A X B X C		18	14,6966 **	43,42055 **	0,04800 **
Erro 2		96	1,59967	3,32629	0,00022
Média Geral			71,61726	38,19267	1,42402
CV 1 (%)			1,74481%	4,76967%	1,27227%
CV 2 (%)			1,76602%	4,77528%	1,04420%

\* significativo a 5% Teste de F

\*\* significativo a 1% Teste de F

ns - não significativo, Teste de F

TABELA 4 A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores de grãos de café em coco de terreiro e secador armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Açúcares Totais (%)	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Não Redutores (%)
Tipo de secagem (A)	1	2,49174 **	3,97444 **	8,10921 **
Nível de umidade (B)	3	2,74855 **	0,29584 **	1,34099 **
A X B	3	0,21026 *	0,11474 **	0,43646 **
Erro 1	16	0,05330	0,00116	0,08229
Armazenamento (C)	6	48,10224 **	0,68344 **	35,70182 **
A X C	6	0,60444 **	0,11258 **	0,29431 *
B X C	18	2,66153 **	0,13533 **	1,78939 **
A X B X C	18	1,64926 **	0,10748 **	1,23090 **
Erro 2	96	0,11058	0,00175	0,12172
Média Geral		7,90654	1,33842	6,26172
CV 1 (%)		2,91984%	2,54357%	4,58113%
CV 2 (%)		4,20589%	3,12162%	5,57162%

\* significativo a 5% Teste de F

\*\* significativo a 1% Teste de F

ns - não significativo, Teste de F

