

**PROCESSAMENTO E QUALIDADE DE
FRUTOS VERDES DE CAFÉ ARÁBICA**

GILBERTO WESTIN NOBRE

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

GILBERTO WESTIN NOBRE

**PROCESSAMENTO E QUALIDADE DE FRUTOS VERDES DE CAFÉ
ARÁBICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Flávio Meira Borém

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

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

Nobre, Gilberto Westin.

Processamento e qualidade de frutos verdes de café arábica /
Gilberto Westin Nobre. – Lavras: UFLA, 2009.

85 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Flávio Meira Borém.

Bibliografia.

1. Café verde. 2. Café imaturo. 3. Qualidade. 4. Secagem. 5.
Processamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.736

GILBERTO WESTIN NOBRE

**PROCESSAMENTO E QUALIDADE DE FRUTOS VERDES DE CAFÉ
ARÁBICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2009

| | |
|---|--------|
| Prof ^ª . Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira | UFLA |
| Pesq. Dr. Marcelo Ribeiro Malta | EPAMIG |
| Pesq. Dr. Gerson Silva Giomo | IAC |
| Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues Reinato | EAFM |

Prof. Dr. Flávio Meira Borém
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,

À família,

Aos amigos,

DEDICO

AGRADECIMENTO

Não se chega ao final de um curso de doutorado sem que se tenha muito a agradecer!

Antes de tudo, agradeço a Deus.

Sem a generosa oportunidade de fazer o curso, proporcionada pela Universidade Federal de Lavras e sem a doação permanente de seus professores, nada teria acontecido. Muito obrigado, UFLA, casa mãe, esteio da minha vida desde os anos de 1966.

Agradeço ao Departamento de Fitotecnia, que me aceitou e me permitiu desenvolver todo o curso. Muito obrigado, professor Flávio Meira Borém, meu mestre, orientador e amigo! Dentre todas as suas virtudes, não sei se aprecio mais sua competência profissional ou a riqueza do seu caráter. Quero agradecer de coração as demonstrações de amizade, dedicação e de afeto.

Estendo o meu agradecimento a todos os professores da UFLA, na pessoa da professora Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, incansável mestra e amiga, sempre disponível em todos os labores do aprendizado. Muito obrigado, Rose!

Agradeço à Epamig e à sua chefia (FELA), que permitiu a cooperação do técnico de laboratório Samuel, que realizou as análises físico-químicas e químicas.

Agradeço à Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé e à equipe do Setor de Cafés Especiais (comandada pelo sr. Mauro Benedetti): Carlos César Gomes, Luiz Evandro Ribeiro, Sílvio César Musarra Silva, Sirlene Ap. Sastre Tauil e Rosa Maria de Oliveira Pereira, que generosamente realizou a classificação física e a análise sensorial do experimento.

Agradeço à Simone e às estatísticas Taciana Villela Savian e Elisa Nobert Ferreira, que realizaram as análises do experimento.

Agradeço aos alunos da graduação e aos srs. José Maurício, Marcinho e toda equipe do pós-colheita da UFLA, que muito contribuíram para a realização do trabalho.

Agradeço a minha esposa Maria das Graças, aos meus filhos e a todos os meus amigos, pelo apoio de todos os dias.

SUMÁRIO

| | Páginas |
|---|----------------|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 02 |
| 2.1 Diversidade de regiões produtoras e de qualidade de café..... | 02 |
| 2.2 Exigências climáticas..... | 02 |
| 2.3 Clima e qualidade de bebida do café..... | 03 |
| 2.4 Floração..... | 05 |
| 2.5 Maturação..... | 08 |
| 2.6 Colheita e pós-colheita do café..... | 08 |
| 2.6.1 Colheita..... | 08 |
| 2.6.2 Processamento por via seca..... | 10 |
| 2.6.3 Processamento por via úmida..... | 11 |
| 2.6.3.1 Cereja descascado..... | 12 |
| 2.6.3.2 Cereja despoldado..... | 13 |
| 2.6.4 Processamento dos frutos verdes..... | 14 |
| 2.7 Secagem do café..... | 15 |
| 2.7.1 Secagem dos frutos verdes..... | 16 |
| 2.8 Caracterização da qualidade do café..... | 20 |
| 2.9 Composição química do grão imaturo e sua relação com a qualidade..... | 25 |
| 2.10 Classificação do café..... | 28 |
| 2.11 Análise sensorial..... | 31 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 32 |
| 3.1 Grau de maturação..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 3.2 Determinação do rendimento do descascamento..... | 35 |
| 3.3 Metodologia analítica..... | 36 |
| 3.3.1 Condutividade elétrica..... | 36 |
| 3.3.2 Açúcares totais, redutores e não redutores..... | 36 |
| 3.3.3 Sólidos solúveis..... | 36 |
| 3.3.4 Acidez titulável total..... | 36 |
| 3.3.5 Sólidos solúveis..... | 36 |
| 3.3.6 Ácidos clorogênicos..... | 36 |
| 3.3.7 Classificação física..... | 37 |
| 3.4 Prova de xícara..... | 37 |
| 3.5 Análise sensorial..... | 37 |
| 3.6 Análise estatística..... | 37 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 38 |
| 4.1 Caracterização da matéria - prima..... | 38 |
| 4.2 Condutividade elétrica..... | 41 |
| 4.3 Lixiviação de potássio | 43 |
| 4.4 Açúcares não redutores e açúcares totais..... | 45 |
| 4.5 Açúcares redutores..... | 47 |
| 4.6 Acidez titulável total..... | 50 |
| 4.7 Sólidos solúveis..... | 51 |
| 4.8 Ácidos clorogênicos..... | 55 |
| 4.9 Classificação física do café..... | 54 |
| 4.9.1 Números de defeitos..... | 58 |
| 4.9.2 Tipo..... | 58 |
| 4.10 Análise sensorial..... | 59 |
| 4.10.1 Café verde natural..... | 59 |
| 4.10.2 Café verde descascado..... | 62 |
| 4.11 Prova de xícara..... | 64 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 5 CONCLUSÕES..... | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 68 |
| ANEXOS..... | 82 |

RESUMO

NOBRE, Gilberto Westin. **Processamento e qualidade de frutos verdes de café arábica**. 2009. 85p Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade de frutos imaturos de café, processados por via seca e via úmida, submetidos a diferentes períodos de repouso, com presença e ausência de água. Cerca de 3.000 litros de café foram colhidos diariamente, abanados, lavados, separados em função de sua densidade e descascados para a produção rotineira do cereja descascado. O experimento foi instalado com o lote de café verde formado na produção do cereja descascado, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e arranjado segundo um esquema fatorial 3 x 2 x 2 (3 tempos de repouso - 12, 24 e 48 horas; 2 tipos de processamento - via seca (verde natural) e via úmida (verde descascado); 2 condições repouso - presença e ausência de água). Foram também estudados três tratamentos adicionais: testemunha - café verde formado na produção do cereja descascado; tratamento de café verde natural (café que não descascou) e tratamento de café verde descascado, processados (sem repouso) logo após a colheita. O café foi secado em camadas finas e revolvido a cada 30 minutos, passando a ser amontoado após atingir a meia-seca até completar a secagem; para avaliar a qualidade foram feitas as seguintes análises: açúcares totais, açúcares redutores e não redutores acidez titulável total, sólidos solúveis, lixiviação de potássio, condutividade elétrica, ácidos clorogênicos, classificação física, sensorial e prova de xícara. Os cafés verdes descascados, comparativamente aos cafés verdes naturais, apresentaram melhor qualidade, demonstrada pelos menores valores de condutividade elétrica, lixiviação de potássio, acidez titulável total e ácidos clorogênicos e maiores teores de sólidos solúveis e de todos os açúcares analisados; os cafés verdes descascados apresentaram também, menor número de defeitos e melhor qualidade de bebida.

*Comitê de Orientação: Flavio Meira Borém - UFLA (Orientador), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Coorientadora)

ABSTRACT

NOBRE, Gilberto Westin. **Processing and quality of green arabic coffee cherries**. 2009 85p. Thesis (Doctors degree in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

This study aimed to evaluate the quality of immature coffee cherries, peeled or not, submitted to different rest periods, with and without the presence of water. About 3.000 liters of coffee had been harvested daily, during 5 consecutive days (5 repetitions). They had gone through an apron feeder, washed and separated in function of their density and then finally onto the peeling process. The experiment was installed using a totally randomized design, with five repetitions and arranged according to a 3 factorial project 3x2x2 (3 rest periods - 12, 24 and 48 hours; 2 types of processing – dry and humid ; 2 rest conditions - water presence and absence). There were also three additional treatments that had been studied : test sample- consisting of unripened coffee cherries used as the raw material for the studied treatments; treatment without a rest period of natural immature coffee cherries and treatment without a rest period of peeled immature {green} coffee cherries, both processed immediately after the harvest. The coffee cherries were dried in thin layers, raked and turned every 30 minutes, and when they had reached a 50% dry stage they were put in piles. To evaluate the quality, the following analyses had been made: total sugars, reducing and non-reducing sugars, total titratable acidity , solid solubles, potassium leaching, electric condutividade, chlorogenic acid, physical classification and sensory evaluation {cup test}. It was observed that when comparing peeled immature {green} coffee cherries with the natural immature {green} coffee cherries, the former presents better quality, demonstrated through the lesser values of electric condutividade, potassium leaching, total titratable acidity and chlorogenic acid and greater levels of soluble solids of all the analyzed sugars. Moreover, peeled immature {green} coffee cherries presented a lower number of defects and better beverage quality.

*Guindance Committee: Flavio Meira Borém – UFLA (Adviser), Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Co-adviser)

1 INTRODUÇÃO

Durante várias décadas, a alta produtividade e a rentabilidade da cafeicultura brasileira garantiram a inserção dos cafés do Brasil no mercado internacional, caracterizando-se como um produto barato e de baixa qualidade. Entretanto, nos últimos tempos o mercado do café commodity tem estabelecido preços insuficientes para sustentar a atividade cafeeira em níveis econômicos, obrigando o setor produtivo a procurar os mercados alternativos de cafés especiais que, a par da exigência de alta qualidade do produto, remuneram melhor.

Assim, o cafeicultor brasileiro tem buscado, cada vez mais, agregar valor ao produto, quer pela produção de cafés orgânicos, cafés com procedência ou simplesmente pela adoção de tecnologias que melhoram a sua qualidade sensorial. Para oferecer um produto com qualidade, os cafeicultores brasileiros vêm adotando o processamento por via úmida, com a produção do café cereja descascado que, além de poder alcançar preço diferenciado no mercado, tem a vantagem de secar em menor tempo, minimizando alterações na qualidade. Todavia, essa operação resulta na formação de lotes de café verde, ou imaturo, que, além de comprometer o peso final do produto, apresenta perfil sensorial de má qualidade, podendo comprometer a viabilidade econômica do processo.

Trabalhos recentes com descascamento do café verde demonstraram a ausência de processos fermentativos, favorecimento de uma secagem mais uniforme, predominância da bebida dura/verde e ausência da característica riada, fatores que, aliados à menor percentagem de PVA, diminuem o deságio do café verde, dando viabilidade econômica ao processo. No entanto, vários produtores passaram a usar a tecnologia com sucesso, gerando, por consequência, novas indagações que foram testadas na forma de variação do uso de água e tempo de repouso do café verde, antes do seu descascamento.

Nesse contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade de frutos imaturos de café submetidos a diferentes períodos de repouso, com presença e ausência de água e processados por via seca e via úmida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Diversidade de regiões produtoras e de qualidade de café

No Brasil, a cafeicultura ocupa uma vasta porção do território nacional e, diferentemente dos outros produtores mundiais, apresenta diversidade de tipos de solos, climas, e variedades de café cultivados, assim como dispõe de várias tecnologias de preparo, que permite processar o café de diferentes maneiras. A combinação destes fatores resulta na produção de cafés de múltiplos sabores, capazes de satisfazer a cada um e a todos os clientes. Temos um café para cada situação, temos um café para cada necessidade (Brando, 2000).

Assim, o café é plantado em muitas áreas, muitas latitudes (desde 5° até 25° de latitude Sul) e muitas altitudes (desde 400 até 2.000m); planta-se café em climas, solos e ecossistemas diferentes (Matiello, 2006).

Com toda esta complexidade produtiva, é de se esperar que, concomitantemente com as vantagens peculiares da atividade cafeeira, advenham daí, também, inúmeras dificuldades. Vários são os fatores que podem influenciar a qualidade do café produzido e, algumas dessas causas agrônômicas, capazes de alterar a proporção de café verde (imaturado) na época da colheita, serão tratadas neste trabalho.

2.2 Exigências climáticas

A espécie *Coffea arabica* L. é originária de áreas tropicais da Etiópia, localizadas entre 6° e 9° Norte de latitude, em altitudes que variam entre 1.600 e

2.000 m. A temperatura média anual nesta região é de 18° a 20°C (mínima de 4° a 5°C e máxima de 30° a 3°C) e a precipitação anual é de 1.500 a 1.800 mm (Camargo & Pereira, 1994). A estação chuvosa é concentrada no verão, de março a outubro, com ocorrência de inverno seco de novembro a fevereiro (Camargo & Franco, 1981).

No Brasil, foram consideradas aptas para o cultivo do café as regiões que apresentassem temperaturas médias entre 18° a 23°C e deficiência hídrica anual inferior a 150 mm e que não apresentassem restrição severa à geada. A totalidade da cafeicultura nacional está situada a latitudes superiores a 4° S (5, 1985).

2.3 Clima e qualidade de bebida do café

A existência de estação seca de inverno bem pronunciado nas áreas cafeeiras de São Paulo, do sul de Minas, do Triângulo Mineiro e de Goiás condiciona uma estação de florescimento curta e, portanto, um período de maturação e de colheita bem concentrado. Isso permite que o período de colheita fique restrito a uma única estação e possa ser feita numa única operação, pela derriça e que a secagem possa ser realizada em terreiro. Com o inverno úmido, as floradas se iniciam mais cedo, adiantando bastante a estação de florescimento de início de frutificação. Em regiões de inverno chuvoso, como no norte do Paraná, Mato Grosso do Sul, Bahia e Pernambuco, entre outras, o período de florescimento, frutificação e maturação fica bem mais prolongado, tornando mais difíceis às operações de colheita e preparo do café (Instituto Brasileiro Do Café, 1985).

Androcioli Filho et al. (2003), trabalhando na região cafeeira do Paraná, localizada numa área de transição climática de alta latitude, concluíram que a grande diversidade de clima e solo interfere na formação e na maturação dos frutos, alterando as características intrínsecas do grão. Cafés das regiões de faixa de temperatura mais baixa apresentaram características de sabor, aroma, acidez,

corpo e doçura bem elevados e foram melhor qualificados; temperatura mediana produziu cafés bem equilibrados; nas faixas de temperatura média mais alta, apresentaram a menor acidez do experimento, com potencial para atender a determinados tipos de mercado ou compor “blends” com cafés de maior acidez.

Ortolani et al. (2000), estudando as interações do clima, fenologia e qualidade do café arábica, mencionaram que, em algumas regiões do estado de São Paulo, temperaturas mais elevadas reduzem os ciclos entre florada e a maturação de grãos, especialmente na fase final do ciclo. Essa condição afeta a translocação de compostos fenólicos do interior do endosperma para as camadas superficiais, impedindo uma coincidência entre a migração total desses compostos e o ponto ideal de colheita. Isso confere um caráter adstringente e metálico ao café, dando origem à classificação de bebida “dura”. As mesmas considerações são encontradas para a transformação do triptofano em serotonina. Em altitudes mais elevadas, com temperaturas mais amenas, a transformação ocorre de forma completa, assim como a translocação de compostos fenólicos, condição essencial para a classe da bebida “mole”. Além desses fatores, as condições de baixa umidade e temperatura, na época da colheita, restringem as fermentações indesejáveis à mucilagem do fruto, não atingindo o endosperma e preservando o potencial da qualidade natural da bebida. Essas características são condicionadas pela altitude, latitude e disponibilidade hídrica local.

Estudando a influência da altitude e da ocorrência de chuvas, durante os períodos de colheita e secagem, sobre a qualidade do café procedente de diferentes municípios da região sul de Minas Gerais, Chalfoun & Carvalho (2001) concluíram que a maioria das localidades, independentemente da altitude, tem apresentado períodos de colheita e secagem muito dilatados, proporcionando, quando antecipada, predominância de frutos com características químicas de estádios de maturação incompletos. Quando a colheita é retardada para os meses de setembro, outubro e novembro, qualidade dos grãos de café fica comprometida, devido ao risco de ocorrência de chuvas no período.

É sabido que a altitude influencia diretamente a temperatura, apresentando um gradiente negativo de 0,7°C, para cada 100 metros de elevação. Regiões mais altas podem ser, pois, do mesmo modo, mais chuvosas.

Nas condições do Sul de Minas, ficou demonstrado que, não necessariamente só pelo fato de ser cultivado em maior altitude, um café terá melhor qualidade do que outro café cultivado somente a 200 metros mais baixo.

Em regiões de clima quente e ou úmido no período da colheita (como na proximidade das represas, por exemplo), o período de maturação é mais curto e os grãos passam rapidamente do estágio cereja para o estágio passa e as duas fases iniciais de fermentação dos grãos (fases acética e láctica, podem evoluir para as duas fases seguintes (fases propiônica e butírica), que são prejudiciais à bebida, com o surgimento do gosto "rio". Nestes casos, o processamento não consegue reverter o prejuízo à bebida (Chalfoun & Carvalho, 2001)).

Embora, na maioria das localidades produtoras, a colheita se inicie nos meses mais secos do ano, a partir de abril/maio, ela se prolonga pelos meses de setembro/outubro e, mesmo, novembro, épocas em que a composição química e a qualidade dos grãos podem estar comprometidas, devido a condições climáticas adversas (Nogueira, 1986; Chalfoun & Carvalho, 2001).

Matiello et al. (1994) citam que, em propriedades situadas em regiões de elevada altitude, a maturação dos frutos fica mais tardia e desigual, já que a maior altitude tem efeito na diminuição da temperatura, no aumento da umidade relativa do ar e no regime de chuvas, fatores que promovem um natural retardamento do início da colheita, que pode se estender durante a estação chuvosa.

2.4 Floração

A floração compreende uma sequência de eventos fisiológicos e morfológicos, que vão da indução floral à antese, passando pelas fases

intermediárias, diferenciação ou iniciação dos primórdios e desenvolvimento da flor (Rena & Maestri, 1986).

Os primórdios florais diferenciados crescem de modo contínuo por um período de cerca de dois meses (Mês, 1957; Moens, 1968) até atingir um tamanho máximo de 4 a 8 mm (Mês, 1957; Went, 1957; Frederico & Maestri 1970), ocorrendo, então, uma pausa no desenvolvimento, de semanas ou meses de duração, pelo advento da dormência, induzida por causas externas (Alvim, 1960).

Aparentemente, sob condições de campo, a pausa de crescimento dos botões florais coincide com a estação seca e com a redução do crescimento vegetativo do cafeeiro (Barros & Maestri, 1978).

Em cafeeiros sob irrigação constante, Alvim (1960) verificou que os botões florais se mantinham em dormência permanente, sendo necessário um período de seca para que houvesse a florada quando os cafeeiros eram novamente irrigados. O mesmo autor concluiu que um período seco é necessário para quebrar a dormência verdadeira dos botões, que permaneceriam, então, quiescentes até a ocorrência de uma chuva.

Durante a época seca, devido ao déficit de água nos tecidos, os botões florais acumulam expressivas quantidades de inibidores do tipo ácido abscísico, grandes responsáveis pela dormência. Com o advento da estação chuvosa, a água em abundância tanto reduz o teor de ácido abscísico quanto aumenta, concomitantemente, o teor de ácido giberélico, que promove o crescimento dos botões (Browning et al., 1970 apud IBC, 1985).

As evidências existentes ainda não permitem, todavia, uma conclusão definitiva sobre a causa do desencadeamento da dormência. Qualquer que seja o processo, parece que ele é mediado por mecanismos delicados e complexos, no qual hormônios, em particular ácido abscísico e giberelinas, têm um papel central (Browning, 1977).

O florescimento é gregário, ou seja, numa mesma região geográfica, todas as plantas de café são induzidas ao desenvolvimento dos botões florais e à abertura das flores, em função das mudanças climáticas ocorridas. As floradas ocorrem anualmente entre agosto e novembro, dependendo, principalmente, das precipitações e do período de estresse hídrico na época seca do ano (Rena, 1986).

Condições diferentes de clima e solo podem determinar um número variável de floradas (Rena, 2002). Nas condições das regiões produtoras de café no Brasil, observam-se a emissão de 2 a 3 floradas, concentradas no início do período chuvoso (Guimarães et al., 2002) .

Esse fato faz com que a colheita do café brasileiro possa ser realizada de uma só vez, por derriça, enquanto a colheita do café em países como a Colômbia e Costa Rica, é obrigatoriamente realizada “a dedo”, de 8 ou 9 vezes ao ano (IBC, 1985).

A ocorrência de chuvas, ao longo de todo o ano, como ocorre nestes países, não permite que as gemas florais do cafeeiro experimentem um período de repouso durante o seu desenvolvimento, o que é indispensável para que ocorra a floração sincronizada, em certa época do ano. Conseqüentemente, a colheita é mais difícil, tendo que ser realizada durante todo o ano, já que sempre existem frutos verdes em crescimento, concomitantemente com frutos em maturação, na mesma planta. Tal característica levou os cafeicultores locais a processarem sua produção, por despulpamento (Rena & Maestri, 1986), produzindo cafés arábica lavados, suaves, de alta qualidade e de conhecida aceitação no mercado mundial.

Mesmo que as condições edafoclimáticas sejam inteiramente favoráveis para que o cafeeiro complete seu ciclo fenológico (Camargo, A. & Camargo, M., 2001), a produção de duas a três floradas sucessivas e de intensidades decrescentes traz preocupação constante pelos inconvenientes que a maturação desuniforme dos frutos traz à colheita (Rena & Maestri, 1986).

2.5 Maturação

Na maturação, além da mudança visível de cor, que vai do verde ao vermelho ou amarelo, conforme a cultivar, modificações outras ocorrem. O pericarpo aumenta de volume e o endosperma torna-se mais denso, pela deposição da matéria seca, pelo que o fruto aumenta de tamanho e peso. A taxa de respiração se eleva nesse período, segundo Cannell (1971), apud Rena (1986), indicando ser o fruto do tipo climatérico.

Puschmann (1975), apud Rena (1986), confirmou a natureza da respiração climatérica do pericarpo de café, verificando que a taxa de respiração começa a subir na 26^a semana e atinge o máximo na 32^a semana, época aproximada do amadurecimento pleno, caindo a seguir. Os teores de nitrogênio total, proteínas insolúveis e compostos nitrogenados solúveis, exceto outras proteínas e aminoácidos, apresentam uma tendência de aumento durante a maturação, enquanto as proteínas solúveis e aminoácidos permanecem constantes até o final da maturação, quando, então, mostram um aumento considerável.

Os níveis de açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores permanecem constantes até o início da maturação, elevando-se, então, acentuadamente. O acúmulo de açúcares redutores é mais rápido que o de açúcares não redutores. A curva de variação do peso seco da polpa apresenta uma tendência semelhante àquela dos açúcares totais (Puschmann, 1975, apud Rena, 1986).

2.6 Colheita e pós-colheita do café

2.6.1 Colheita

Dada a multiplicidade de floradas ocorridas na cafeicultura brasileira (Rena, 1986), é comum, na colheita, a obtenção de vários estádios de maturação dos frutos, tais como frutos verdes, maduros ou “cereja”, supermaduros ou

passas e frutos secos, além de obter como impurezas folhas, ramos, terra, paus e pedras (Borém, 2008).

A presença e a proporção de cada um desses constituintes dependerão do sistema e dos cuidados adotados na colheita. Na colheita seletiva, obter-se-ão somente frutos maduros, adequados para a produção de cafés com qualidade superior. Já na colheita feita por derriça completa, a proporção das diversas fases de amadurecimento retratará a realidade do momento: predominância de frutos verdes, quando se inicia precocemente a operação ou grande quantidade de frutos secos nas colheitas tardias. A colheita sobre o pano é preferível à colheita no chão, uma vez que evita o contato dos frutos com o solo e a mistura dos frutos recém-colhidos com os frutos de varrição, já em fase de deterioração, melhorando assim os aspectos higiênico-sanitários da produção do café. Todo café colhido deve ser processado no mesmo dia, a fim de que se evitem os processos fermentativos e de superaquecimento, detratores da qualidade do café.

Por existirem diferenças marcantes na anatomia, na composição química e no teor de água do fruto do cafeeiro, em função do seu estágio de maturação, a grande heterogeneidade dos frutos provenientes da lavoura, além de comprometer a qualidade final, irá dificultar as operações de preparo. A escolha do modo de processamento do café é decisiva na rentabilidade da atividade cafeeira e dependerá de diversos fatores, tais como condições climáticas da região, disponibilidade de capital, tecnologia e equipamentos, exigências do mercado consumidor quanto às características do produto, outorga para uso de água e disponibilidade de tecnologia para o tratamento das águas residuárias. Assim, pode-se dizer que três aspectos são fundamentais na escolha do método de processamento do café: a relação custo/benefício do método de processamento, a necessidade de atendimento à legislação ambiental e o padrão desejado de qualidade (Borém, 2008).

2.6.2 Processamento por via seca

O processamento do café pode ser realizado por via seca, denominado de café natural, na qual se mantém o fruto intacto, ou seja, na sua forma integral ou, então, por via úmida, em que os grãos de café são separados da casca pelo processo mecânico de descascamento.

A maioria do café produzido no Brasil é processada por via seca ou pelo sistema natural. O café pode ser secado diretamente da forma que veio da lavoura (chamado de café da roça) ou, então, pode passar por uma operação de pré-limpeza, por exaustão, abanação e peneiramento para a retirada de folhas, paus, torrões e pedras, antes de se começar a operação de secagem.

Se, se optar pela operação de lavagem em separadores hidráulicos, o café, em função da sua densidade, não só se separa de todas as impurezas, constituídas por paus, folhas, torrões e pedras, que porventura não tenham sido eliminadas na operação de pré-limpeza, como se separa também do café boia, constituído das fases passa/seco, que têm menor densidade em relação à água, das fases de maturação cereja/verde, de maior densidade (Borém, 2008).

O café será considerado café natural ou processado por via seca se, neste ponto do processamento, o café seguir para o terreiro, onde será completamente seco ou somente pré-seco, no caso de uma secagem combinada terreiro/secador.

O Brasil se notabilizou por oferecer ao mercado cafés processados por via seca, ou seja, pelo sistema natural de preparo. Este processo de preparo não consome água, podendo-se afirmar que ele não contamina o meio ambiente, estando, portanto, dentro das melhores normas conservacionistas, podendo-se produzir cafés naturais com, cada vez, mais qualidade. Para isso, é necessário separar os cafés boias dos cerejas + verdes, mais úmidos. Secam-se os cafés bóia e os cereja + verdes, separados para se obter melhor uniformidade final de seca, produto mais consistente, com aparência e torra melhores. O café boia, que já vem do cafeeiro mais seco, completa o processo de seca mais depressa que o cereja, mais úmido; este seca mais devagar. Portanto, os dois precisam ser

secados separadamente. Como os cafés naturais secam em contato com a casca e com a polpa, que são ricas em açúcares, nossos cafés naturais são adocicados. São cafés naturalmente doces (Brando, 2000).

2.6.3 Processamento por via úmida

O chamado processamento por via úmida é feito com a remoção da casca dos frutos. Se, além da casca, é retirado um mínimo da mucilagem, tem-se a produção do café cereja descascado. Retirando-se, também, por abrasão, o máximo de mucilagem possível, produz-se o café cereja descascado desmucilado. Finalmente, removendo-se mecanicamente a casca e toda a mucilagem, por meio de fermentação biológica, produz-se o conhecido café despulpado (Borém et al., 2004).

No processamento por via úmida, que acontece nos países centro e sul-americanos, na produção dos arábicas lavados, só são descascados frutos colhidos no estágio cereja de maturação. Todavia, no Brasil, devido ao processo de colheita ser feito por derriça, e de uma só vez, certamente haverá, na operação de descascamento, uma percentagem de frutos verdes, que não serão descascados. Para viabilizar a operação de descascamento do café cereja, controla-se a pressão aplicada no processo, descascando-se somente os frutos cereja, enquanto os verdes, por serem mais resistentes ao descascamento, se separarão daqueles, sem descascar (Brando, 2000). Uma vez feita a opção pelo processamento por via úmida, o cafeicultor terá também, nas mãos, lotes de café verdes imaturos que exigirão cuidados especiais no processamento, para que venham a ter maior valores comerciais (Borém, 2008).

O processamento por via seca, tradicional do Brasil, produz os cafés arábicos não lavados, enquanto o processamento por via úmida produz os cafés despulpados, descascados sem desmucilar e desmucilados (Borém, 2008).

Dependendo da zona ecológica de produção, das condições climáticas e das condições de preparo (Nogueira, 1984), assim como das exigências do

mercado e do cliente, o cafeicultor pode escolher qual sistema usar. Ele não está preso a um único processo, como a maioria de nossos concorrentes, produtores de cafés lavados, forçados que são a utilizar somente este sistema, em virtude do clima (Brando, 2000).

2.6.3.1 Cereja descascado

O segundo processo mais utilizado no Brasil é o cereja descascado, também conhecido como CD, criado para melhorar a qualidade do café. O processo se inicia, como no sistema natural, com a separação de boias e cerejas. Como no Brasil, usualmente, se faz a colheita por derriça, entre os cafés cerejas há, frequentemente, grãos verdes, que são separados daqueles pelo descascamento, já que os frutos verdes resistem ao despolpamento, por não terem atingido a maturidade fisiológica e, portanto, não terem ainda formadas as condições físico-químicas que permitam esta operação. A separação dos grãos verdes elimina o seu sabor típico e negativo, portanto, melhora, na xícara, a qualidade do café cereja descascado. Somente os frutos cerejas são despolpados e são eles que levam a qualidade à sua expressão máxima. Descascados, os grãos que são secados com a mucilagem, na forma de café cereja descascado, adquirem um sabor adocicado porque a mucilagem, a exemplo da polpa, também é rica em açúcares (Brando, 2000). Também, os cafés descascados podem ser desmucilados mecanicamente, antes de serem secados (Borém et al., 2006).

Segundo Brando (1999), a produção de café cereja descascado tem aumentado recentemente, devido tanto à redução do volume final, com a diminuição da área de terreiro, como também à redução dos custos de secagem. Como tem maior valor comercial, o café cereja descascado é conhecido como uma forma de agregar valor ao produto.

Afonso Júnior et al. (2004) observou que, com a retirada da casca dos frutos, foram percebidas melhorias significativas na qualidade do café, que perduraram durante o armazenamento.

Tanto o café cereja descascado quanto o café natural são naturalmente doces. Trata-se de uma característica ímpar dos cafés do Brasil (Brando, 2000).

2.6.3.2 Cereja despoldado

O cafeeiro, por possuir mais de uma floração durante o ano, caracteriza-se por apresentar em uma mesma planta e, ao longo de toda a colheita, frutos em diferentes estádios de maturação (Guimarães et al., 2002).

A colheita e a pós-colheita do café envolvem uma série de operações que exigem tempo e existência de suficiente infraestrutura de preparo, secagem e armazenamento. No Brasil, estas operações, pelo seu alto custo e por limitação de infraestrutura e logística, nem sempre podem ser executadas somente no espaço de tempo em que o estágio de maturação cereja se mostre predominante e, portanto, com maior possibilidade de favorecer a produção de cafés de melhor qualidade, capazes de alcançar melhores preços. Na prática, começa-se a colher o café antes mesmo da proporção ideal mínima de 5% de frutos verdes (Nogueira, 1984; Silva et al., 1998), com a colheita se estendendo no tempo, até que predominem maiores proporções de café passa e seco, com evidentes prejuízos à qualidade e à economia da produção.

Assim, a predominância do processamento por via seca e a prática da colheita feita por derriça de uma só vez, segundo Borém (2008), são os maiores responsáveis pela presença do defeito verde, nos lotes comerciais e, conseqüentemente, pela queda da qualidade do produto.

A alternativa para se evitar a ocorrência dos frutos verdes é fazer a colheita seletiva dos frutos cereja (Borém, 2008), o que nem sempre é possível, por razões de ordem prática e econômica.

Dessa maneira, a obtenção da máxima qualidade do café está diretamente relacionada com a época de colheita, mais adequada à obtenção de uma maior proporção de frutos cereja (Carvalho et al., 1970) e pela retirada dos frutos verdes, por meio do descascamento dos frutos maduros (Borém et al., 2004). Segundo Borém (2008), este lote de puro café verde tem baixo potencial para produzir cafés com boa qualidade, comprometendo economicamente, muitas vezes, a viabilidade da produção do café cereja descascado, embora a qualidade do café verde possa ser melhorada pela execução de um processamento adequado.

Os frutos verdes, obtidos pelo descascamento do cereja, podem ser secados diretamente por via seca ou, então, serem submetidos ao descascamento, como propõe o presente trabalho.

2.6.4 Processamento dos frutos verdes

O descascamento surge como uma forma de melhorar a qualidade do café verde, desde que aliado a uma cuidadosa secagem (Borém et al., 2004).

Durante o descascamento da mistura de frutos maduros e verdes, Borém et al. (2004) recomendam retirar, ou apenas aliviar, o contrapeso que controla a pressão de trabalho, permitindo uma saída mais livre e controlada dos frutos verdes, pelas laterais do descascador. Com este afrouxamento na pressão de descascamento, sairá também uma parte dos frutos maduros, junto com a porção de frutos verdes, que deve ser limitada a uma quantidade mínima, suficiente, porém, para garantir que nenhum fruto verde possa ter sido descascado e portanto, comprometido a boa qualidade do café cereja descascado produzido. Por esta técnica preconizada, o lote formado pelos frutos verdes será mantido amontoado até que receba o segundo descascamento, desta vez, com a regulação máxima dos contrapesos que regulam a pressão de descascamento.

Borém et al. (2006), trabalhando com café verde, obtiveram um descascamento em torno de 41%, partindo de lotes com, no máximo, 10% de

café cereja. Após os procedimentos de descascamento e secagem, o café verde descascado apresentou apenas 2,8% de defeitos preto, verde e ardido (PVA) e produziu bebida "duro/verde". A qualidade da bebida do café verde descascado foi similar àquela obtida no café cereja com verde, sendo, no entanto, significativamente inferior à qualidade do cereja descascado. Os autores sugerem que o processo de descascamento evitou o aparecimento de processos fermentativos e favoreceu uma secagem mais uniforme, reduzindo, assim, significativamente, a porcentagem de PVA, fato curioso, pois a maior parte dos grãos originou-se de frutos verdes. Nestes cafés, o espermoderma de coloração verde-cana, diferentemente da aderência esperada, destaca-se facilmente do endosperma e nem apresenta a cor característica do defeito verde. Foi observada a predominância da bebida dura/verde e a ausência da característica riada, fatores que, aliados à menor porcentagem de PVA, diminuem o deságio do café verde, dando viabilidade econômica ao processo, pelo aumento do valor de mercado.

2.7 Secagem do café

Secagem é um processo simultâneo de transferência de energia e massa, entre o produto e o ar de secagem, com o objetivo de reduzir o grau de umidade do grão, por meio da evaporação, a valores que permitam a preservação da sua qualidade, durante o armazenamento (Afonso Júnior & Corrêa, 1999). Diferentemente de outros grãos, o café recém-colhido possui um teor de água inicial bastante elevado, variando de 30% a 60% (Borém, 2008).

A secagem é a técnica mais utilizada na preservação do produto no país e é realizada em terreiros, ou em secadores mecânicos ou numa combinação de ambos.

No Brasil, a secagem do café em terreiros é a prática mais usada, se não de forma total, pelo menos na fase inicial de secagem, quando ela é conjugada com a secagem mecânica.

Durante a secagem, a redução do teor de água ocorre devido à sua movimentação, do interior para a periferia do produto, resultado da diferença de pressão de vapor de água, entre a superfície do produto e o ar que o envolve. Para que um produto seja submetido ao fenômeno de secagem, é necessário que a pressão parcial de vapor de água em sua superfície (P_g) seja maior do que a pressão parcial do vapor de água no ar de secagem (P_{ar}) (Borém, 2008).

Inicialmente, o processo de secagem pode ser feito com o aporte de grande quantidade de energia, já que a grande quantidade de água contida no fruto e que se encontra no estado livre vai absorver toda a energia aplicada para se evaporar, não aquecendo, portanto, nem substancialmente e nem perigosamente, a massa do café.

À medida que o café vai secando, vai aumentando a dificuldade para perder cada unidade de água adicional e, uma vez que tenha sido evaporada toda água livre, a água ligada, para evaporar, tem que migrar de forma cada vez mais lenta e difícil, do interior do grão para a periferia, de onde é retirada. Assim, no transcorrer da secagem, tem-se que diminuir, gradativamente, a energia fornecida na forma de calor, uma vez que esta energia aplicada, se não for utilizada efetivamente na evaporação da água do grão de café, poderá sobreaquecer o produto acima dos níveis recomendados, com prejuízos para a sua qualidade final (Borém et al., 2004; Carvalho et al., 1994; Silva, 2000).

Em grãos de café, com valores superiores a 11% de umidade, a água estará livre para diversas reações que comprometerão a armazenabilidade e a qualidade do produto (Borém et al., 2004; Carvalho et al., 1994; Weber, 1995).

2.7.1 Secagem dos frutos verdes

Teixeira et al. (1982), estudando os efeitos da geada ocorrida em várias regiões do país, em maio de 1979, observou severos danos que atingiram folhas, ramos e os frutos do cafeeiro, em sua maioria ainda em desenvolvimento e imaturos. Neste ano, houve um aumento da incidência dos defeitos verdes e

preto-verdes, com sensíveis perdas na qualidade do produto final, provocadas tanto pelo comprometimento da circulação da seiva para o fruto quanto pela precipitação do cafeicultor, em realizar rapidamente a colheita, para aliviar o cafeeiro carregado e afetado pela geada.

Estudos preliminares realizados por Teixeira et al., (1970), com a secagem de pequenas amostras em estufa, davam a entender que a causa para o escurecimento do espermoderma do café colhido verde não era a ocorrência de baixa temperatura, como até então de supunha, e, sim, as temperaturas elevadas utilizadas no processo de secagem.

A caracterização do defeito verde, na classificação por tipos, é dada pela cor verde cana do espermoderma. Entretanto, além dessa característica fundamental, outras alterações ocorrem no endosperma e no espermoderma do café colhido verde, prejudicando ainda mais a qualidade. É o caso dos cafés conhecidos como verde-escuros e os verde-geados ou preto-verdes que, além da alteração da cor do espermoderma, sofrem alterações na cor do tecido da semente, ou seja, do próprio grão. Essas alterações podem ser de natureza enzimática e têm como uma de suas origens a colheita de frutos verdes. O café assim alterado entra na categoria do defeito ardido, de cor marrom e com demérito ainda maior, no tipo e na qualidade da bebida (Teixeira et al., 1979).

Teixeira et al. (1982), com o objetivo de estudar o efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes de frutos colhidos verdes, montaram três experimentos, sendo um em Conceição do Castelo (ES) e dois em Caratinga (MG). Dois deles foram montados com quatro tratamentos - o café colhido verde foi seco à sombra e em estufa (com ventilação forçada em Caratinga), nas temperaturas 30°C, 40°C e 50°C, em Castelo e 40°C 50°C e 60°C, em Caratinga. Foi observado que, na secagem dos frutos colhidos verdes, em estufa, a 30°C, ou à sombra, em terreiros, a quantidade de defeitos verde-escuros ou preto-verdes encontrada foi insignificante (menor que 2,5%), com a maior parte dos grãos apresentando-se como verde-claros. Com a secagem em

estufa a 40°C, a porcentagem média dos grãos alterados aumentou para quase 18%, em Castelo e mais de 35%, em Caratinga. A 50°C, a porcentagem dos defeitos verde-escuros ou preto-verdes elevou-se para quase 44%, em Castelo e perto de 60%, em Caratinga, chegando à totalidade, quando a secagem foi feita a 60°C. No segundo ensaio, entretanto, mesmo na secagem à sombra, a incidência de preto-verdes e verde-escuros atingiu 9%. Isto talvez se deva ao fato de, no final do processo, o café ter concluído a secagem, em terreiro, com 5 horas de sol e por ter a temperatura ambiente atingido níveis superiores a 30°C. No terceiro experimento, a secagem do café colhido verde foi realizada em Caratinga, com seis tratamentos: secos ao sol, em camadas de 3 cm, em terreiro pavimentado; secos ao sol, em camadas de 3 cm, em terreiros de terra; secos à sombra, em camadas de 3 cm, em terreiro pavimentado; secos ao sol, em camadas de 10 cm, em terreiro pavimentado; secos ao sol, em camadas de 10 cm, em terreiro de terra e secos à sombra, em camadas de 10cm, em terreiro pavimentado.

Os resultados demonstraram que os cafés secos ao sol, em camadas de 3 cm, revelaram índices mais elevados de cafés verdes-escuros e preto-verdes que os secos em camadas de 10 cm, ou seja, de 13% a 16% para 5,5% a 7,6%. A secagem à sombra, quer em camadas de 3 cm, quer em camadas de 10 cm, apresentou índices menores dos referidos defeitos, ou seja, 3,69% a 3,98%, respectivamente. Verificou-se o aparecimento de grãos considerados normais, apesar de terem sido colhidos somente frutos verdes, fato que pode ser explicado, já que frutos aparentemente verdes podem ter sementes fisiologicamente maduras ou, simplesmente, pela menor aderência do espermoderma ao endosperma em alguns grãos verdes, o que pode levar à perda desta película.

Como o defeito é reconhecido pela cor do espermoderma, se este não existe, o classificador não encontra elementos para caracterizar o defeito verde e classifica-o como se fosse um grão normal. Pelos resultados obtidos nos três

ensaios, verificou-se que o tipo do café também piorou, pois os cafés colhidos verdes, que apresentaram espermoderma verde-cana, foram classificados como verdes 5:1 (5 grãos verdes equivalem a 1 defeito), enquanto os verde-escuros ou preto-verdes foram classificados como ardidos 2:1 (2 grãos ardidos equivalem a 1 defeito). Na análise qualitativa, por meio da prova de xícara, os pesquisadores verificaram um gosto acentuado de verde para os cafés verde-cana e um gosto bastante desagradável para os cafés verde-escuros e preto-verdes. Por fim, concluíram que: 1 - a maior ou a menor incidência de grãos verdes-escuros, preto-verdes e verdes geados está diretamente e ligada à temperatura de secagem; 2 - o tipo de café, de frutos colhidos verdes e secos à temperatura superior a 30°C, é pior que o de cafés verdes secos à sombra, em camadas mais grossas no terreiro ou em temperaturas mais baixas; 3 - a qualidade da bebida dos cafés colhidos verdes e secos, a temperaturas superiores a 30 °C, é bem inferior à dos secos em temperaturas mais baixas e que 4 - a simples ocorrência de geada não determina a presença dos cafés erradamente chamados de verdes-geados ou preto-verdes.

Os resultados deste experimento foram decisivos para orientar a assistência técnica dada pelo então Instituto Brasileiro do Café (IBC), a partir da década de 1980, quando esta autarquia foi responsável, não só pela pesquisa, como pela implantação e o revigoramento de cafézais em todo o Brasil. Este experimento normatizou a secagem do café colhido verde, sugerindo que ela começasse por camadas grossas, de 25 a 30 cm de altura, fazendo vários revolvimentos ao dia, até o total escurecimento da casca, quando se esparramava o café no terreiro e conduzia-se a seca, como no caso do café natural.

Borém (2008) recomenda que, em vez de se enleirar o café verde, no início da secagem, deve-se, pelo contrário, espalhá-lo em camadas finas, intercaladas com pequenas leiras de 3 cm, tendo-se o cuidado de revolvê-lo constantemente, até que atinja o ponto de meia-seca. Isto se faz para evitar uma possível fermentação nos estádios iniciais da secagem e para facilitar a rápida

saída do elevado teor de água livre do interior dos frutos e da sua interface com a atmosfera. Nesta fase, toda a energia aplicada na secagem é utilizada na evaporação da água livre e não há, portanto, elevação da temperatura da massa do café, uma vez que as transferências de calor e massa se compensam. A partir da meia-seca, leiras com 15 a 20cm de altura deverão ser formadas para reduzir a taxa de secagem e impedir a elevação da temperatura na massa, a fim de evitar a formação do defeito preto-verde. As leiras deverão ser periodicamente movimentadas, permitindo, assim, uma secagem lenta e uniforme. Segundo o mesmo autor, esses cuidados têm permitido a obtenção de lotes de frutos verdes, com melhor aspecto e qualidade.

2.8 Caracterização da qualidade do café

De acordo com Mendonça (2004), para que o café seja considerado de qualidade, as propriedades químicas, físico-químicas e sensoriais precisam atender a padrões estabelecidos para a bebida do café.

Para Giranda (1998), Silva et al. (1998) e Vilela (1997), os constituintes químicos sofrem variação nos seus teores, ao longo do desenvolvimento dos frutos de café, atingindo níveis ideais, na maturação plena. O elevado teor de água e a composição em açúcares em sua polpa, no estágio de maturação cereja, colocam o fruto do café em condições de perecibilidade, fazendo com que a qualidade do café se encontre estreitamente relacionada com a eficiência do processo de secagem. Assim, adequadas temperatura e velocidade na perda de água dos grãos deverão ser empregadas na secagem, a fim de dificultar a ocorrência de microrganismos e de fermentações indesejáveis.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de relacionar os componentes físico-químicos e químicos do grão com a qualidade do café, pela proposição de parâmetros mais precisos, capazes de avaliar esta qualidade, por si só, ou em auxílio à prova de xícara. Análises físico-químicas vêm sendo comumente utilizadas por diversos autores (Carvalho et al., 1994; Chagas, 1994;

Amorim et al., 1977; Pereira, 1997; Vilela & Pereira, 1998; Coelho, 2000; Lopes, 2000; Pimenta et al., 2000; Pádua, 2002; Pinto, 2002; Reinato, 2002; Chagas, 2003; Borém et al., 2004; Mendonça, 2004; Reinato et al., 2005), para quantificar vários parâmetros, como os teores de açúcares, compostos fenólicos, sólidos solúveis, condutividade elétrica, acidez titulável total e lixiviação de potássio.

Pereira (1997) menciona que o café arábica, comparativamente ao café canéfora, apresenta melhor qualidade de bebida, maiores teores de carboidratos, lipídios e trigonelina, enquanto aquele apresenta bebida neutra, com maiores teores de compostos fenólicos e cafeína.

Segundo Clarke & Macrae (1985), os teores de açúcares não redutores no grão de café dependem da espécie, da variedade, da maturidade dos grãos, das condições de processamento e armazenamento. Outros açúcares estão presentes no grão de café, porém, em menores quantidades, como estaquiase, rafinose, arabinose, manose, galactose, ribose e ranose. Há, ainda, os açúcares redutores, tais como a glicose e a frutose. Dentre os açúcares, Redgwell et al., (2002) destacam açúcares não redutores como sendo o açúcar encontrado em maior quantidade no grão de café. Já a manose, a galactose e a glicose são os monossacarídeos presentes em maiores quantidades nos grãos de café cru.

A doçura é uma das características de sabor desejáveis nos cafés tidos como especiais e a presença desses compostos no café torrado e moído está diretamente relacionada com os teores de açúcares no grão cru. Entretanto, segundo a Organización Internacional del Café (1991), não se sabe, especificamente, qual concentração de açúcares exerceria maior influência na qualidade da bebida. Pode-se inferir que os açúcares não redutores são quase que totalmente degradados, durante a torração, dando origem a açúcares menores, que seriam precursores de compostos (ácidos e aldeídos) responsáveis pelo sabor e aroma do café.

Para Fischer et al. (2001), os grãos de café arábica contêm de 48%-60% de polissacarídeos compostos que são importantes na formação dos componentes do sabor e aroma. Segundo estes autores, há três tipos de polissacarídeos predominantes no café verde: celulose, arabinogalactana tipo II e galactomananas.

Bytof et al. (2005), mencionaram maiores valores no conteúdo de glicose e frutose nos cafés processados por via úmida, fato verificado também por Leloup et al. (2004).

Chagas (1994) sugere que a boa bebida do café poderia ser associada às altas concentrações de açúcares redutores e não redutores.

Pádua (2002) verificaram que a acidez é muito importante na formação das propriedades de *flavor* (sabor e aroma) do café e que ela é originada, principalmente pela presença dos ácidos acético e clorogênico, podendo este último resultar nos ácidos cafeico e quínico.

Arcila-Pulgarin & Valência-Aristizabal (1975) verificaram maiores teores de acidez em cafés de pior qualidade. Esse resultado foi confirmado por Carvalho et al. (1994); Pereira (1997), que citam a relação inversa entre os teores de acidez e qualidade dos grãos de café.

Para Carvalho Júnior (2002), os principais ácidos do café são o málico e o cítrico, responsáveis por uma acidez desejável e pela origem do sabor característico do café.

Segundo Clifford (1985), os taninos condensados são os principais compostos fenólicos da polpa do café; nas sementes, os compostos fenólicos predominantes são formados por ésteres dos ácidos hidrocínâmico e quínico, e o ácido clorogênico.

O termo ácido clorogênico é utilizado para se referir a uma família de ésteres, formados por um ou mais ácidos aromáticos. O ácido clorogênico é, normalmente, metabolizado nas plantas e é frequentemente associado com a sua proteção contra o ataque de insetos ou microrganismos (Morgano et al., 2001).

De acordo com Farah & Donangelo (2006), os principais grupos de ácidos clorogênicos encontrados nos grãos de café verde incluem os ácidos cafeoilquínicos, dicafeoilquínicos, feruolquínicos, p-cumaroilquínicos e ésteres mistos dos ácidos cafeioico e ferúlico, com ácido quínico, com, pelo menos, três isômeros por grupo. Durante o processamento do café, os ácidos clorogênicos podem ser parcialmente hidrolisados ou degradados a compostos de baixo peso molecular.

Para Nogueira & Trugo (2003), os principais grupos de isômeros dos ácidos clorogênicos encontrados no café são os ácidos cafeoilquínicos, os dicafoilquínicos e os feruloilquínicos.

Clifford & Kazi (1987), apud Borém (2008), mencionam que os ácidos clorogênicos mais abundantes em café cru são os cafeoilquínicos que correspondem a, no mínimo, 80% (bs) do total presente na semente.

De forma geral, os valores descritos na literatura para ácido clorogênico em grão de café verde, na matéria seca, variam de 4% a 8,4% na espécie *Coffea arabica* e de 7% a 14,4%, para *Coffea canephora*; nos híbridos, eles estão presentes em níveis intermediários (Ferreira et al., (1971); Chavessevent et al., (1973); Clifford & Whight, (1976); Trugo & Macrae, (1984); Clifford, (1985); Tono et al., (1989); Ky et al., (2001); Maria et al., (1994); Farah et al., (2005)).

Os ácidos clorogênicos apresentam propriedades antioxidantes e produzem derivados com diferentes atividades biológicas (Nogueira & Trugo, 2003). De acordo com os mesmos autores, os ácidos clorogênicos sofrem intensa degradação térmica durante o período de torração do grão, gerando uma série de compostos voláteis, como compostos fenólicos, importantes para a composição do *flavor* da bebida.

Há indícios da ocorrência da maior concentração de polifenóis em cafés de pior qualidade (Amorim et al., 1974; Pimenta, 1995; Pereira, 1997), porém, não existem valores fixos para esta variável, que permitam considerar um café como de pior ou de melhor qualidade.

Amorim (1978) constatou maiores valores de lixiviação de potássio em grãos de café de pior qualidade e observou, ainda, que estes sofreram maiores degradações e, logo, maiores alterações na membrana celular.

Prete (1992); Pimenta (1995) citam que os testes de lixiviação de potássio e condutividade elétrica são indicadores da integridade de membranas celulares em grãos de café.

De acordo com Giranda (1998); Prete (1992), a quantidade de defeitos presentes no café influencia diretamente a quantidade íons potássio lixiviados; bebidas de pior qualidade (dura, riada e rio) demonstram maiores valores de lixiviação, indicando menor integridade das membranas celulares.

Reinato (2002) e Oliveira (2002) sugerem maiores valores de lixiviação de potássio e condutividade elétrica, em grãos de café secos sob temperaturas elevadas.

Marques (2006), avaliando a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, em grãos de café submetidos a diferentes períodos de pré-secagem, em terreiro e secagem a diferentes temperaturas, observou que a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio aumentaram significativamente seus valores, com a elevação da temperatura de secagem. O aumento no período pré-secagem resultou na diminuição dos valores de lixiviação de potássio. Nesse sentido, a autora verificou, ainda, que período mais prolongado de pré-secagem, de três dias, possibilitou a obtenção de uma bebida de melhor qualidade, quando comparada com período de pré-secagem de um só dia.

Goulart et al. (2007) elaboraram uma análise comparativa entre lixiviação de potássio, condutividade elétrica e teor de ácido clorogênico, em diferentes padrões de qualidade de café. Os autores concluíram que a lixiviação de potássio e a condutividade elétrica se adequam para separar amostras de café consideradas de melhor qualidade (estritamente mole, apenas mole) das de menor qualidade (duro e riada) e, por último, das amostras rio. Essas

características não se apresentaram adequadas em separar cafés dentro de suas diferentes classes.

Lima et al. (2007) utilizaram o teste de condutividade elétrica para fazer a avaliação da qualidade de sementes de café submetidas a diferentes métodos de secagem. Os autores mencionam que o teste foi eficaz para a separação das sementes em níveis de qualidade, tendo as sementes secadas pelo método natural apresentado menor condutividade elétrica.

2.9 Composição química do grão imaturo e sua relação com a qualidade

Carvalho & Chalfoun (1985), estudando os fatores que afetam a qualidade do café, mencionam que a qualidade de bebida do café depende de vários fatores e, principalmente, entre eles, da composição química do grão, determinada por fatores genéticos, culturais e ambientais. Também, os corretos preparo e armazenamento dos grãos são fatores importantes na conservação da composição química primordial do grão, já que os fatores umidade e temperatura tanto podem garantir a preservação da qualidade do grão como podem, se mal aplicadas, comprometer as características de permeabilidade da membrana celular, propiciar o aparecimento de infecções microbianas e fermentações, que são fatores detratores da qualidade do café. Por último, e não menos importantes, são a torração do grão e o preparo da bebida, operações que modificam a constituição química do grão, mas que estão intimamente relacionadas à composição do grão cru.

Várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de caracterizar quimicamente o grão de café e correlacionar composição química com a qualidade de bebida. Estes estudos abrangem componentes como açúcares, polifenóis, umidade, condutividade elétrica e lixiviação de potássio, entre outros (Pimenta, 1995).

Pimenta (1995), avaliando a composição química e a atividade enzimática de grãos em frutos de café arábica colhidos nos estádios de

maturação verde, verde-cana, cereja e seco na planta, observou que os cafés no estágio de maturação cereja apresentaram as melhores características de qualidade, já que possuíam os maiores teores de açúcares, os menores teores de compostos fenólicos e os menores índices de lixiviação de potássio.

O café no estágio de maturação verde, de acordo com Teixeira (1984), apresenta aspecto, torração e bebida de pior qualidade, em relação aos grãos colhidos no estágio cereja. Portanto, a presença de grãos verdes, além de diminuir o peso e tamanho dos grãos, deprecia a qualidade da bebida, já que, entre outros fatores, o elevado teor de compostos fenólicos nos frutos verdes aumenta a adstringência da bebida.

Em outro estudo, Pimenta et al. (2000), avaliando a composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estágios de maturação, observou que frutos colhidos no estágio de maturação cereja apresentaram maior peso dos grãos e maiores teores de acidez titulável total, de açúcares, redutores, não redutores e totais. Os grãos colhidos verdes mostraram elevados teores de compostos fenólicos totais e baixos teores de acidez, de sólidos solúveis, de açúcares redutores e não redutores e de açúcares totais; os grãos colhidos no estágio secos/passas apresentaram menores teores de compostos fenólicos, de sólidos solúveis e elevados teores de acidez titulável total, de açúcares redutores, não redutores e totais. Já os grãos colhidos no estágio verde-cana mostraram valores intermediários para a maioria dos parâmetros analisados.

López-Marín et al. (2003), estudando as mudanças físico-químicas e químicas, durante a maturação dos frutos de café, constataram uma diminuição da firmeza equatorial, da firmeza polar e da força necessária à remoção dos frutos, à medida que os cafés amadurecem. Com relação às características químicas, os teores de sólidos solúveis totais determinaram as diferenças entre os estágios de maturação dos frutos, mostrando aumento desses teores à medida que transcorriam os dias, após a floração. Os teores máximos foram observados

nos frutos sobremaduros. A melhor qualidade foi verificada nos frutos maduros e sobremaduros. Os frutos verdes e secos apresentaram baixa qualidade.

Silva et al. (1998) avaliaram o efeito de diferentes proporções de frutos verdes e da temperatura do ar de secagem na qualidade da bebida do café. Foram utilizados três níveis de temperatura 35°, 45° e 55°C e cinco diferentes porcentagens de frutos verdes, misturados aos frutos maduros (cereja), nas proporções de 0%, 2%, 5%, 10% e 20%. Os autores verificaram melhor qualidade de bebida à temperatura de 45 °C na secagem do café, com 0% e 2% de frutos verdes. As bebidas de pior qualidade foram obtidas a temperaturas de 35°C, com proporção de 5% a 20% de frutos verdes na mistura.

Mazzafera (1999), estudando a composição química de frutos de café imaturos, verificou redução da qualidade da bebida pela ocorrência de alto percentual de grãos com defeitos verde-preto e verde. Observou, ainda, que o teor de açúcares foi reduzido nos grãos com defeito verde, principalmente o de açúcares não redutores, em comparação com a alta concentração destas variáveis encontradas nos grãos sadios.

Pereira (1997); Coelho (2000), trabalhando com a adição de grãos verdes, em cafés de bebida estritamente mole, mencionam um declínio nos valores de acidez, à medida que aumentava a proporção dos grãos verdes.

Para Chagas (1994); Pimenta (1995); Giranda (1998); Pereira & Coelho (2000), a intensidade da acidez da bebida do café varia em função do estágio de maturação dos frutos.

Ohiokpehai et al. (1982); Clifford & Kazi (1987); Clifford et al. (1989) demonstraram haver correlação positiva entre a composição química do grão verde (imaturo) e o alto teor de ácido clorogênico que confere alta adstringência à bebida do café.

Menezes (1994) mostrou que a inclusão de grãos parcialmente maduros afeta negativamente o *flavour* da bebida, devido aos baixos valores dos ácidos monocateoiquínico e dicafeoiquínico.

Prete et al. (2000), avaliando a condutividade elétrica em grãos de café colhidos em diferentes estádios de maturação, verificaram que os grãos de café colhidos nos estádios maturação cereja, passa e seco apresentaram menores valores de condutividade elétrica. Os grãos verdes e verde-cana apresentaram altos valores de condutividade elétrica, devido à incompletude na formação dos grãos e, portanto, das membranas celulares e de suas características de permeabilidade, aumentando, assim, a possibilidade de ocorrer maiores valores na lixiviação de potássio.

Pimenta et al. (1997) citam que os índices de lixiviação de potássio, em frutos colhidos nos estádios de maturação verde, verde-cana, cereja e seco/passa, na ordem de 59,19; 33,95; 24,37 e 38, 15 ppm/g de amostra. Esses valores, apesar de superiores, confirmam as observações de Prete (1992) em relação à influência do defeito verde, aumentando os valores da lixiviação de potássio.

Para Miya et al. (1974), a qualidade da bebida de uma amostra de café depende da proporção de grãos deteriorados e do grau de deterioração desses grãos.

2.10 Classificação do café

A determinação da qualidade do café brasileiro compreende duas fases distintas: a classificação por tipos ou defeitos e a classificação pela bebida. Além desses dois aspectos principais, o café pode também ser classificado por: peneira, cor, torração e descrição (IBC, 1985).

A classificação do café, por tipo, é feita com base na contagem dos grãos defeituosos ou das impurezas contidos numa amostra de 300g de café beneficiado. Esta classificação obedece à Tabela Oficial para Classificação, segundo a qual cada tipo de café corresponde a um número maior ou menor de defeitos. São considerados defeitos: os grãos imperfeitos – grãos pretos, ardidados, verdes, chochos, mal granados, quebrados e brocados e as impurezas – como cascas, paus, pedras, cafés em coco ou marinheiros, encontrados na amostra. A

cada um desses grãos imperfeitos ou impurezas corresponde uma medida de equivalência de defeitos, que rege a classificação por tipo.

Os defeitos podem ser de natureza intrínseca, isto é, quando são inerentes do próprio grão e constituem-se de grãos alterados, tanto pela imperfeita aplicação dos processos agrícolas e industriais, quanto por modificações de origem fisiológica ou genética (os grãos pretos, os ardidos, os verdes, os chochos, os mal granados, os quebrados e os brocados), ou extrínseca, quando são representados pelos elementos estranhos ao café beneficiado (coco, marinho, cascas paus, pedras). Para estabelecer a equivalência dos defeitos, tomou-se como base o grão preto, que é considerado o padrão dos defeitos ou defeito capital. O defeito preto é caracterizado pela cor preta-opaca, o ardido pela cor parda ou marrom e os verdes pela cor verde-cana do espermoderma. Esses defeitos, além do dano que causa à qualidade do café, promovem também outros prejuízos de ordem econômica, já que pesam menos que os grãos normais (IBC, 1985).

Garruti & Gomes (1961), afirmaram que frutos colhidos verde produzem bebidas de baixa qualidade e alta adstringência, enquanto frutos colhidos no estágio de maturação cereja produzem bebidas suaves e de alta qualidade.

A caracterização do defeito verde, na classificação por tipos, adotada no Brasil, é dada pela cor verde-cana do espermoderma. Entretanto, além dessa característica fundamental, outras alterações ocorrem no endosperma e no espermoderma do café colhido antes de ter atingido o estágio ideal de maturação, com prejuízos à qualidade. É o caso dos cafés conhecidos como verde-escuros e preto-verdes, também conhecidos como verde-geados. Estes cafés, além da mudança da cor do espermoderma, sofrem alterações na cor do tecido da semente, ou seja, do próprio grão. Tudo indica que enzimas do grão, em função de alterações fisiológicas, reagem com o substrato (compostos fenólicos existentes junto às paredes celulares), formando polímeros de

coloração castanha. O mesmo efeito também pode ser produzido pela oxidação ou desnaturação, tanto de compostos fenólicos como proteínas ou açúcares. Como a parede celular dos frutos verdes ainda não está totalmente formada, a sua degradação parece mais fácil (Amorim et al., 1977; Amorim et al., 1974; Gibson, 1971, apud Teixeira et al., 1982).

Os defeitos do café verde e preto-verde, oriundos de grãos imaturos, são considerados defeitos graves e que afetam negativamente a qualidade da bebida do café (Teixeira et al., 1970).

Na classificação do café por tipo, adotada no Brasil, os grãos normalmente classificados no comércio como verdes devem esta característica à cor anormal do espermoderma. Se a película se desprender do grão, o classificador não tem possibilidade de reconhecer defeito verde e o classifica como grão normal. Já o grão alterado, isto é, com a cor marrom, é classificado como ardido e, muitas vezes, tem como uma de suas origens a colheita de frutos verdes e sua inadequada temperatura de secagem (Teixeira, et al., 1982). Assim, se não houver uma criteriosa diferenciação entre estes defeitos, haverá um maior prejuízo no tipo arbitrado, pois, enquanto o grão verde é classificado na proporção de 5 grãos para 1 defeito, o ardido é classificado na proporção de 2 grãos para 1 defeito (Teixeira et al., 1971).

Carvalho et al. (1970) analisaram a ocorrência dos principais defeitos do café colhido nos vários estádios de maturação dos frutos. E verificaram que o defeito verde, em várias tonalidades, foi encontrado com maior frequência nos cafés colhidos verde e, em ordem decrescente, nas frações seco anormal, meio maduro, maduro, passa, seco normal e seco do chão. Os dados mostram que os chamados grãos verdes, na verdade, não provêm exclusivamente de frutos colhidos verdes, pois ocorreram com frequência em todas as frações estudadas. Os grãos ardidados tiveram frequência mais elevada na fração seco do chão e decresceram nas frações seco normal, secos anormais, verdes, meio maduros, maduros e passa. Essa ocorrência indica que tal defeito deve resultar de várias

causas e não apenas como consequência de fermentações anormais. O defeito preto apareceu em maior frequência no café seco no chão e, em ordem decrescente, nos frutos seco normal e seco anormal, não ocorrendo nas demais frações. Os resultados mostram a conveniência de colher apenas o café maduro, quando, então, se verifica a menor quantidade dos defeitos estudados. Sugerem também uma revisão na designação dos defeitos, a fim de evitar interpretações errôneas na classificação comercial.

Teixeira et al. (1979), analisando qualitativamente os cafés, por meio da prova de xícara, verificaram um acentuado gosto de verde para os cafés verde-cana e um gosto bastante desagradável para cafés verde-escuros e preto-verdes.

2.11 Análise sensorial

De acordo com Toledo & Barbosa (1998), a prova de xícara é importantíssima para a classificação do café, sendo um dos parâmetros utilizados para definir a qualidade do produto. Esta avaliação é feita por degustadores, em função do gosto, olfato e tato. Normalmente, os cafés são avaliados pelos atributos aroma, bebida, corpo, acidez, amargor e adstringência.

A colheita do café verde causa prejuízo tanto no tipo quanto na qualidade da bebida e, como consequência, interfere no valor comercial do produto, uma vez que a adição de apenas 2% de grãos verdes, em um lote de café classificado como “bebida mole”, torna-o, bebida “apenas mole”, o que significa uma queda considerável na qualidade da bebida. Quando essa adição é de 10%, o lote de bebida “mole” passa para bebida “dura”, caracterizada por um sabor adstringente (Carvalho & Chalfoun, 1985).

Puerta-Quintero (2000) avaliou a qualidade do café preparado com misturas de café cereja (maduro) e verde (imaturo), nas proporções de 0,5% a 15% de café verde. O processamento foi realizado por via úmida e despulpado na ausência de água, 14 horas de fermentação natural ou desmucilado, de acordo com o tratamento, lavado e seco ao sol. Observou-se que, a partir de 2,5% de

café verde, houve aumento de 30% nas taxas de defeitos e sabores desagradáveis, tais como fermento, *stinker*, terra e uma diminuição de 7% no rendimento da bebida em relação ao café maduro (cereja). Os grãos imaturos (verde) não despulpam completamente e, durante a secagem, dão origem a grão negro, o que afeta a qualidade física e organoléptica. Isso comprova que grãos maduros apresentam maiores taxas de cafés de boa qualidade.

Miya et al. (1974) avaliaram sensorialmente bebidas de café com inclusão de grãos defeituosos. Verificaram que a bebida mole revelou mais facilmente qualquer alteração do que a bebida dura, pois 5% de defeito verde alteraram a bebida mole, enquanto foram necessários 40% de verde para alterar a bebida dura. Nas misturas de mole e preto, apenas 2% de defeito preto alteraram as características da bebida mole, enquanto, na mistura duro e preto, foram necessários 4,5% do defeito para alterar para alterar a bebida dura. Nas ligas de mole e ardido, 5% do defeito ardido foram detectados pelos degustadores, ao passo que foram necessários 20% de defeito ardido, nas ligas de bebida dura, para produzir alterações na bebida. A qualidade da bebida das ligas foi alterada com adição de defeito preto, tanto na bebida mole, quanto na bebida dura. Já a adição elevada dos defeitos verde e ardido, 30% a 50%, não apresentou alteração na qualidade da bebida padrão original.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado nos Departamentos de Agricultura e de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Cerca de 3.000 litros de café Catuaí, cultivar topázio foram colhidos diariamente no mês de junho de 2007, durante 5 dias consecutivos (cinco repetições), sendo abanado, lavado e separado em função da densidade antes de serem submetidas ao descascamento.

Foram realizadas duas operações de descascamento. A primeira, com o objetivo de descascar somente os frutos maduros, separando-se os frutos verdes,

de acordo com a rotina de produção do café cereja descascado. A segunda foi realizada com o objetivo de descascar o lote de frutos verdes, formados a partir do primeiro descascamento. Durante o descascamento dos frutos maduros (cereja), a pressão do descascador foi regulada de maneira a permitir, a obtenção de no máximo, 10% de frutos maduros na porção de frutos verdes. A porção de frutos não descascados, formada por 90% de frutos verdes e 10% de frutos maduros, resultantes do primeiro descascamento, constituiu a matéria-prima usada neste trabalho. No segundo descascamento (100 L de frutos verdes), realizado nas condições de cada tratamento, a pressão do descascador foi regulada para se obter um descascamento máximo com cerca de 50% dos frutos, evitando-se, assim, desgastes ou danos no equipamento (Borém et al., 2006) e nos grãos de café.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições, correspondendo cada repetição a um dia de colheita e arranjado em esquema fatorial 3 x 2 x 2 (3 tempos de repouso - 12, 24 e 48 horas; 2 tipos de processamento - via seca (frutos verdes não descascados) e via úmida - frutos verdes descascados e 2 condições de repouso - presença e ausência de água). Foram também estudados três tratamentos adicionais: 1º tratamento adicional (testemunha), constituído por uma amostra do lote de café verde, utilizado como matéria-prima para os tratamentos estudados; 2º tratamento adicional - constituído pelo lote de café verde natural, ou seja, frutos verdes não descascados, após a segunda operação de descascamento, sem o período de repouso e o 3º tratamento adicional – constituído pelo café verde descascado, após a segunda operação de descascamento, sem o período de repouso (Figura 1). Dessa maneira, o experimento constituiu-se de 15 tratamentos, totalizando 75 unidades experimentais, considerando-se as cinco repetições.

O café verde natural foi secado (terreiro cimentado) em camadas finas (14li. m⁻²) intercaladas com pequenas leiras de no máximo 2cm, com

revolvimento de até 12 vezes por dia. Ao atingir a meia-seca, a secagem foi conduzida em leiras de 15cm de altura, revolvidas pelo menos 10 vezes ao dia, até atingir 11% de teor de água.

O café verde descascado foi seco em terreiro em camadas de no máximo 2cm com revolvimento de até 16 vezes por dia.

No gráfico da Figura 1 é apresentado o fluxograma do processamento.

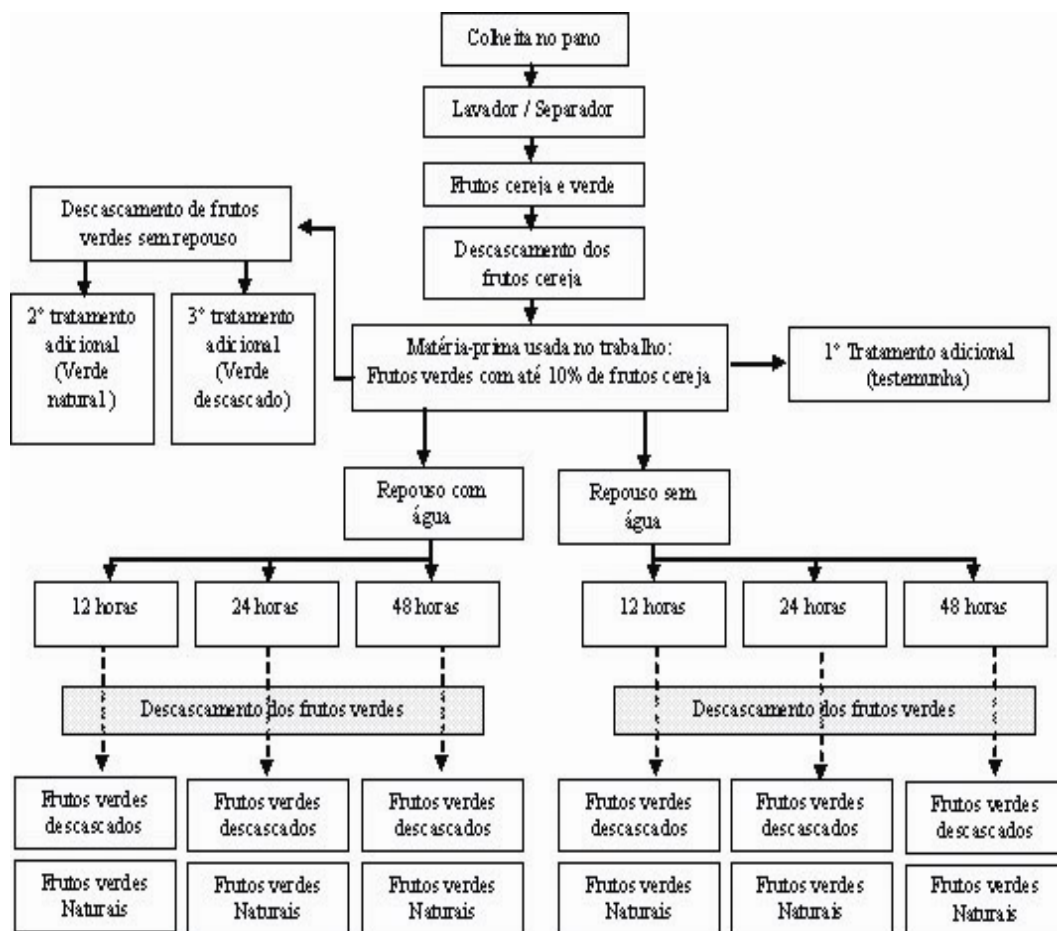


FIGURA 1 Fluxograma do processamento usado no experimento.

3.1 Grau de maturação

Foi feita a determinação do grau de maturação da matéria-prima do experimento (café verde imaturo), separando-se os estádios de maturação, em furtos passas (sobre-maduro), cereja (cor característica de pleno amadurecimento), verde (cor verde com grande firmeza mecânica) e verde-cana (qualquer mescla da cor cereja na cor verde). Os resultados foram expressos em porcentagem em repetições por amostr, com resultados experssos em %.

3.2 Determinação do rendimento do descascamento

A porcentagem de descascamento dos frutos verdes foi calculada com base no volume de café verde antes do descascamento (volume total) e o volume do café verde, que ficou sem descascar, de acordo com a equação (1).

$$\eta_d = V_t - V_{sd} / V_t \times 100 \quad \text{eq (1)}$$

em que:

η_d - rendimento de descascamento (%)

V_t - volume total (litros)

V_{sd} - volume de não descascado (litros).

Para caracterizar a qualidade do café, foram realizadas as seguintes análises: açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, acidez titulável total, sólidos solúveis, lixiviação de potássio, condutividade elétrica, ácidos clorogênicos, classificação física e prova de xícara. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Café Dr. Alcides de Carvalho, da Epamig e no Pólo de Tecnologia e Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras.

3.3 Metodologia analítica

3.3.1 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado conforme metodologia adaptada por Loeffler et al. (1988).

3.3.2 Lixiviação de potássio

A determinação da quantidade de potássio lixiviado foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK – 2002, após 5 horas de embebição dos grãos, em estufa a 25°C, segundo metodologia proposta por Prete (1992).

3.3.3 Açúcares totais, redutores e não redutores

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

3.3.4 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.

3.3.5 Sólidos solúveis

Determinados em refratômetro de bancada, conforme normas da AOAC (1990).

3.3.6 Ácidos clorogênicos

Os ácidos clorogênicos foram determinados por método fotométrico, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.3.7 Classificação física

A classificação do café foi feita segundo a Instrução Normativa nº 8 (Brasil, 2003).

3.4 Prova de xícara

A prova de xícara foi realizada por degustadores treinados da Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé Ltda (Cooxupé), no município de Guaxupé, MG, de acordo com Instrução Normativa nº 8 (Brasil, 2003).

3.5 Análise sensorial

As amostras do experimento foram analisadas por três provadores da Cooxupé, de acordo com o sistema usado pela Brazil Speciality Coffee Association (BSCA), utilizando-se a metodologia do CoE (Cup of Excellence), na qual, cada atributo avaliado (bebida limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, gosto remanescente, balanço ou equilíbrio e nota geral) recebe uma nota de 0 a 8, de acordo com a intensidade que apresentaram nas amostras. A somatória das notas corresponde à classificação final da bebida. Cada amostra começa com uma pontuação inicial de 36 pontos, aos quais vão sendo incorporadas as notas de cada atributo. Os dados da análise sensorial foram analisados utilizando-se análise de *cluster*.

3.6 Análise estatística

Realizaram-se análises de variância para as variáveis químicas e físico-químicas e a classificação por defeito do café. Foi feito o desdobramento para as interações que foram estatisticamente significativas. Se verificada a significância do teste F, as médias eram comparadas entre si, por meio do teste de Student e Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados da análise sensorial foram analisados utilizando-se análise de *cluster*, que divide os elementos da amostra ou

população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si, com respeito às variáveis que neles foram medidas (Mingoti, 2005). Para isso, realizou-se a análise de clusters pelo método de ligação simples ou vizinho mais próximo, onde os grupos iniciais são determinados pelos mais altos coeficientes de associação mútua. Para a admissão de novos membros aos grupos foi suficiente encontrar quais os que representavam maiores coeficientes de associação com um dos elementos de determinado grupo. A ligação foi estabelecida a esse nível de associação com todo o grupo, conforme Johnson & Wichern (1998). Os dados da análise sensorial foram analisados pelo programa computacional “Minitab 15”. O tipo e a bebida foram avaliados em forma de gráficos (barras) de frequência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da matéria-prima

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da composição, em porcentagem, dos diferentes estádios de maturação do café colhido diariamente, durante o experimento.

TABELA 1 Valores médios da composição dos lotes de café em função dos estádios de maturação dos frutos (passa, cereja, verde-cana, verde), nas cinco colheitas.

| Estádio de maturação | % de frutos em função do estágio de maturação | | | | |
|----------------------|---|----|----|----|----|
| | Dias de colheita | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Passa | 15 | 13 | 15 | 12 | 10 |
| Cereja | 4 | 9 | 11 | 11 | 8 |
| Verde-Cana | 41 | 29 | 28 | 21 | 27 |
| Verde | 40 | 49 | 46 | 56 | 55 |

O café usado no presente trabalho apresentou baixa proporção de frutos maduros, uma vez que foi colhido logo no início da safra, quando a porcentagem

de frutos verdes estava próxima a 50% (Tabela 1). Nessas condições, normalmente, a colheita não seria realizada nas fazendas produtoras de café. A alta porcentagem de frutos verdes compromete a qualidade final do produto, além de reduzir o rendimento, por possuírem sementes mais leves. Entretanto, a demanda para se iniciar a colheita cada vez mais cedo, em decorrência das elevadas produções e grandes extensões de área plantada, tem sido uma condição recorrente, representando um período crítico de colheita.

A colheita nesse período, além de permitir estudar essa realidade, proporcionou volume suficiente de café verde para a instalação de todas as unidades experimentais, sem risco de se estudar pequenas quantidades, pouco representativas. Observa-se, ainda, que a composição do café proveniente da lavoura apresentou proporções similares dos diferentes estádios de maturação, em todas as colheitas realizadas, contribuindo para a adequada condução do trabalho.

Na Tabela 2 são apresentados os rendimentos de descascamento, em função do tempo de repouso, com água e sem água.

TABELA 2 Rendimento de descascamento (%) para os diferentes tempos de repouso, com água e sem água.

| Condição de repouso | Volume de descascamento (%) | | | |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| | Tempo de repouso (horas) | | | |
| | zero | 12 | 24 | 48 |
| Com água | - | 59,00 | 61,00 | 58,39 |
| Sem água | 57,00 | 56,30 | 54,32 | 57,86 |

Verifica-se, na Tabela 2, que o rendimento médio de descascamento para repouso com água foi da ordem de 57%; considerando-se a ocorrência de um percentual médio de 13% da fração passa, observa-se que os valores são semelhantes aos descritos por Borém et al. (2004), que relatam ser possível descascar 41% do café verde, após o período de 20 horas de amontoamento ou repouso. Os autores não recomendam rendimentos de descascamentos superiores a 50%, por risco de desgaste e comprometimento do descascador.

Entretanto, não foram encontrados, na literatura, estudos que descrevessem o efeito de diferentes períodos de repouso ou da imersão dos frutos verdes em água, no rendimento de descascamento. Ressalta-se que essa prática tem sido utilizada por diversos produtores, sem respaldo de estudos mais aprofundados.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise de variância para a percentagem de despolpamento do café verde descascado.

TABELA 3 Análise de variância para a percentagem de descascamento do café verde descascado.

| FV | GL | SQ | QM | F | p-valor |
|-----------------|-----|----------|---------|--------|--------------------------|
| Tratamentos | (6) | (134,86) | (22,48) | (0,95) | (0,476054) ^{NS} |
| Tempo(T) | 2 | 0,27 | 0,14 | 0,006 | 0,994019 ^{NS} |
| Água(A) | 1 | 91,39 | 91,39 | 3,88 | 0,58961 ^{NS} |
| T x A | 2 | 42,56 | 21,28 | 0,90 | 0,418008 ^{NS} |
| Fatorial vs Ad. | 1 | 0,64 | 0,64 | 0,03 | 0,863736 ^{NS} |
| Erro | 28 | 660,29 | 23,58 | | |
| Total | 34 | 795,15 | | | |

^{NS} Não Significativo. CV = 8,42%.

Na tabela 3 verifica-se que os fatores, tempos de repouso e a presença ou ausência de água no processo, não apresentam efeitos significativamente diferentes sobre a porcentagem média de despolpamento; a interação dos fatores, igualmente, não foi significativa indicando que os efeitos entre eles são independentes entre si. Da mesma forma, a comparação dos tratamentos adicionais vs fatorial não apresentou efeito significativo sobre a porcentagem média de despolpamento.

4.2 Condutividade elétrica

Os valores médios da condutividade elétrica das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como o valor médio das médias dos tratamentos adicionais e a média geral do fatorial estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 Valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variáveis | Tratamentos adicionais ¹ | | | DMS | Contraste ² | |
|------------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|------|------------------------|-------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Verde descascado | | Média dos adicionais | Média do fatorial |
| Condutividade elétrica | 179,47 b | 220,69 a | 151,31 c | 7,44 | 183,83 B | 210,26 A |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se, na Tabela 3, que os valores médios da condutividade elétrica dos tratamentos adicionais diferiram significativamente entre si, e que o descascamento do café verde, sem repouso, resultou no menor valor comparativamente à testemunha e ao café verde natural, sem repouso, indicando melhor qualidade do café verde processado pela via úmida. Ressalta-se que o café verde natural, sem repouso, apresentou condutividade elétrica superior à testemunha, caracterizando-se como o pior tratamento adicional.

Os valores médios da condutividade elétrica dos tratamentos adicionais foram inferiores à média geral do fatorial. O que sugere que o prolongamento do repouso pode alterar a estrutura de membranas dos grãos de café, com consequente perda da qualidade do mesmo.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios da condutividade elétrica das amostras de café dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tempo e condição de repouso, e do tipo de processamento.

TABELA 4 Valores médios da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$), das amostras dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função dos tempos de repouso, do tipo de processamento e da condição de repouso.

| Tempo de repouso | Condição de repouso ² | Processamento ¹ | | | |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|---|------------------|---|
| | | Verde natural | | Verde descascado | |
| 12 | Presença de água | 248,42 a | A | 161,17 a | B |
| | Ausência de água | 239,64 a | A | 172,66 a | B |
| | Médias | 244,03 | A | 166,92 | B |
| 24 | Presença de água | 270,42 a | A | 151,46 a | B |
| | Ausência de água | 278,62 a | A | 155,50 a | B |
| | Médias | 269,62 | A | 153,48 | B |
| 48 | Presença de água | 279,22 a | A | 166,34 a | B |
| | Ausência de água | 237,10 b | A | 172,58 a | B |
| | Médias | 258,16 | A | 169,46 | B |

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (tempo de repouso – condição de repouso) não diferem entre si, pelo teste t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se, na Tabela 4, que o tipo de processamento, independentemente da presença ou da ausência de água e dos diversos tempos de repouso testados influenciaram significativamente os valores médios da condutividade elétrica. O descascamento do café verde proporcionou os menores valores de condutividade elétrica, sendo um indicador de melhor qualidade.

Segundo Prete (1992), menores valores de condutividade elétrica são indicadores de melhor qualidade do café, logo, menor deterioração do produto. Borém et al. (2006), estudando o processamento do café verde, verificaram que os cafés verdes descascados apresentaram menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, concordando com o ocorrido no presente trabalho.

A presença ou a ausência de água, nos diversos tempos de repouso testados, não influenciou significativamente os valores médios da condutividade elétrica, tanto nos cafés verdes naturais quanto nos cafés verdes descascados, exceto no tempo de 48 horas para o café verde natural, em que a presença da água promoveu a obtenção de maior valor de condutividade elétrica, significativamente diferente daqueles obtidos nos demais tratamentos, que permaneceram em repouso na ausência de água.

4.3 Lixiviação de potássio

Os valores médios da lixiviação de potássio das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como os valores das médias dos tratamentos adicionais e a média geral do fatorial estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 Valores médios de lixiviação de potássio (ppm) dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variável | Tratamentos adicionais ¹ | | | Contraste ² | |
|------------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|------------------------|-------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Verde descascado | Média dos adicionais | Média do fatorial |
| Lixiviação de potássio | 53,5 b | 69,0 a | 32,7 c | 51,7 A | 41,6 B |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Na Tabela 5, são observadas diferenças estatísticas significativas entre os valores médios de lixiviação de potássio dos tratamentos adicionais. Os menores e os maiores valores da variável foram encontrados, respectivamente, no café verde descascado e no café verde natural, confirmando as observações descritas nos resultados da condutividade elétrica.

Entretanto, observa-se que as diferenças entre os valores médios de lixiviação de potássio, dos tratamentos adicionais, foram significativamente superiores à média geral dos tratamentos do fatorial, contrariando os resultados da condutividade elétrica. Ressalta-se que, em alguns casos, outros solutos, além do potássio, podem ser lixiviados, resultando em valores relativamente maiores da condutividade elétrica, em relação à lixiviação de potássio.

Na Tabela 6, são apresentados os valores médios da lixiviação de potássio das amostras de café, dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tempo e da condição de repouso, e do tipo de processamento.

TABELA 6 Valores médios da lixiviação de potássio (ppm), das amostras dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função dos tempos de repouso, do tipo de processamento e da condição de repouso.

| Tempo de repouso | Condição de repouso ² | Processamento ¹ | | | |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|---|------------------|---|
| | | Verde natural | | Verde descascado | |
| 12 | Presença | 57,1 a | A | 28,2 a | B |
| | Ausência | 39,7 b | A | 29,2 a | B |
| | Médias | 48,4 | A | 28,7 | B |
| 24 | Presença | 63,4 a | A | 25,7 b | B |
| | Ausência | 59,3 b | A | 29,5 a | B |
| | Médias | 61,4 | A | 27,6 | B |
| 48 | Presença | 56,0 a | A | 26,2 a | B |
| | Ausência | 56,5 a | A | 28,0 a | B |
| | Médias | 56,3 | A | 27,1 | B |

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%;

²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (Tempo-Água) não diferem entre si, pelo teste t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se, na Tabela 6, que, em todos os tempos de repouso estudados, na presença ou na ausência de água, os valores de lixiviação de potássio das amostras do café verde natural foram estatisticamente superiores aos valores encontrados para as amostras dos cafés descascados, indicando maior integridade do sistema de membranas desses cafés e, portanto, maior qualidade. Maiores valores de lixiviação de potássio (Amorim, 1978) e condutividade

elétrica estão relacionados com o processo de deterioração do café e sua perda de qualidade (Prete, 1992; Pereira, 1997).

Os valores encontrados no presente trabalho, para os cafés descascados, foram menores do que os 42,49 ppm, comparativamente aos descritos por Prete (1992), para grãos colhidos verdes e maiores do que os 18,30 ppm encontrados para grãos colhidos no estádio cereja, porém, são inferiores aos verificados por Borém et al. (2006), para o café verde descascado (37,18 ppm).

4.4 Açúcares não redutores e açúcares totais

Os valores médios dos açúcares não redutores e açúcares totais das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como o valor médio das médias dos tratamentos adicionais e a média geral do fatorial estão apresentados na Tabela 7.

Verifica-se, pelos dados da Tabela 7, que os tratamentos adicionais diferiram estatisticamente entre si e que os menores valores médios foram encontrados nas amostras do café verde natural. Os frutos verdes, que tiveram a casca mantida após a segunda operação de descascamento, constituem a porção com estádio de amadurecimento menos avançado e, portanto, com menor conteúdo de açúcares conforme descrito por Pimenta (1995); Mazzafera (1999); Pimenta et al. (2000).

TABELA 7 Valores médios de açúcares não redutores (%) e açúcares totais dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variáveis | Tratamentos adicionais ¹ | | | ² Média dos adicionais | ² Média do fatorial |
|------------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Verde descascado | | |
| Açúcares não redutores | 6,69 a | 5,76 b | 6,85 a | 6,43 A | 5,71 B |
| Açúcares totais | 7,62 a | 6,58 b | 7,81 a | 7,33 A | 6,45 B |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Ainda na Tabela 7, observa-se que as médias dos valores de açúcares não redutores e açúcares totais dos tratamentos adicionais, processados sem repouso, foram maiores e significativamente diferentes das médias gerais obtidas para os tratamentos que repousaram 12, 24 e 48 horas, antes de serem descascados. Pode-se afirmar que, em média, o repouso do café verde, independentemente da imersão em água, possibilita a ocorrência de diversas reações que reduzem o conteúdo de açúcares nos grãos de café dos frutos imaturos. Essas reações não estão necessariamente relacionadas com a redução da qualidade, de todos os tipos café que passaram pelo repouso, como se poderia inferir, a partir de trabalhos anteriores que associam a melhor qualidade com os maiores teores desses compostos. Entre os tratamentos adicionais, o café verde natural foi o que apresentou os menores valores para as variáveis estudadas, significativamente diferentes daqueles observados nos cafés descascados e na testemunha que, por sua vez, não diferiram entre si.

Na Tabela 8, são apresentados os valores médios dos açúcares não redutores e açúcares totais das amostras de café dos tratamentos dispostos em

esquema fatorial, em função do tempo de repouso, do tipo de processamento e da condição de repouso.

TABELA 8 Valores médios de açúcares não redutores e açúcares totais das amostras dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tipo de processamento e condição de repouso.

| Fator | Nível | Açúcares não redutores | Açúcares totais |
|---------------------|------------------|------------------------|-----------------|
| Processamento verde | Verde natural | 5,17 b | 5,78 b |
| | Descascado | 6,25 a | 7,12 a |
| Condição de repouso | Presença de água | 5,77 a | 6,49 a |
| | Ausência de água | 5,65 a | 6,41 a |

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada um dos fatores, não diferem entre si, pelo teste t de Student, com um nível nominal de significância de 5%.

Pode-se observar, pelos dados da Tabela 8, que o processamento influenciou significativamente os teores médios de açúcares não redutores e açúcares totais. No entanto, os teores desses compostos independem da condição de repouso. As amostras da fração do café verde natural apresentaram os menores valores das variáveis estudadas.

Os teores de açúcares não redutores obtidos para os cafés estudados apresentam-se superiores às médias encontradas para os cafés colhidos verde, por Pimenta et al. (2000) e pela OIC (1992), assemelhando-se, no entanto, aos teores de açúcares não redutores encontrados por Rogers et al. (1999); Silmar & Lullmann (1988), apud Borém (2008); Sivetz (1963).

A doçura é uma das características de sabor desejáveis no café e a presença desse atributo no café torrado e moído está diretamente relacionada aos teores de açúcares no grão cru. Entretanto, segundo a OIC (1991), não se sabe especificamente qual a concentração de açúcares exerceria maior influência na qualidade da bebida. Pode-se inferir que os açúcares não redutores são quase que totalmente degradados durante a torração, dando origem a açúcares menores, e

esses seriam os precursores de compostos, como ácidos e aldeídos, responsáveis pelo sabor e aroma do café.

4.5 Açúcares redutores

Os valores médios dos teores de açúcares redutores das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como o valor médio das médias dos tratamentos adicionais e a média geral do fatorial estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios de açúcares redutores (%) dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variável | Tratamentos adicionais ¹ | | | ² Média dos adicionais | ² Média do fatorial |
|--------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Verde Descascado | | |
| Açúcares Redutores | 0,63 a | 0,51 c | 0,59 b | 0,58 A | 0,44 B |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, com um nível nominal de significância de 5%;

²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se, pelos dados da Tabela 9 que, nos cafés processados sem repouso, os valores médios de açúcares redutores (%), obtidos para a testemunha, para o café verde natural e descascado, foram significativamente diferentes entre si, com os maiores valores observados na testemunha e os menores, no café verde natural. Na testemunha, apesar da composição mais heterogênea dos frutos, a permanência da casca e da mucilagem parece ter influenciado o metabolismo dos frutos, resultando nos maiores teores de açúcares redutores. O tratamento com café verde natural apresentou os menores teores de açúcares redutores, tendo em vista constituírem a porção com a maior imaturidade dos frutos.

A média dos teores de açúcares redutores (%) observados nos tratamentos que não foram submetidos ao repouso foi significativamente maior que a observada naqueles tratamentos que repousaram por 12, 24 e 48 horas.

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios dos açúcares redutores das amostras de café dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tempo de repouso, tipo de processamento e condição de repouso.

TABELA 10 Valores médios de açúcares redutores (%) das amostras dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função dos tempos de repouso, do tipo de processamento e da condição de repouso.

| Tempo de repouso | Condição de repouso | Processamento | | | |
|------------------|---------------------|---------------|---|------------------|---|
| | | Verde natural | | Verde descascado | |
| 12 | Presença de água | 0,37 a | B | 0,65 a | A |
| | Ausência de água | 0,35 a | B | 0,68 a | A |
| | Médias | 0,36 | B | 0,67 | A |
| 24 | Presença de água | 0,31 a | B | 0,43 b | A |
| | Ausência de água | 0,30 a | B | 0,54 a | A |
| | Médias | 0,31 | B | 0,49 | A |
| 48 | Presença de água | 0,32 a | B | 0,48 a | A |
| | Ausência de água | 0,33 a | B | 0,46 a | A |
| | Médias | 0,32 | B | 0,47 | A |

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%; ² médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (tempo-água) não diferem entre si, pelo teste t, de Student, com um nível nominal de significância de .

Os teores de açúcares redutores obtidos para o café verde natural e para o café descascado mostram-se próximos aos valores médios observados por

Pimenta et al. (2000). Os cafés analisados por esse autor apresentaram, em média, 0,29% de açúcares redutores no café verde e 0,31% no verde cana.

Na Tabela 10, pode-se observar que o fator processamento promoveu variações significativas nos teores de açúcares redutores, com os maiores valores ocorrendo nos cafés verdes descascados. Além disso, verifica-se que a presença ou a ausência de água durante o repouso não alteraram significativamente os

valores médios de açúcares redutores, exceto no café descascado, no tempo de 24 horas de repouso, em que o tratamento realizado na presença de água reduziu significativamente os teores médios de açúcares redutores. Até o momento, não foi possível explicar esse resultado, considerando tratar-se de uma observação isolada em todo o contexto do trabalho. Sugere-se, em trabalhos futuros, que as análises sejam fracionadas nos diferentes tipos de açúcares, tais como: glicose, frutose, manose, entre outros.

4.6 Acidez titulável total

Os valores médios da acidez titulável total das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como o valor médio das médias dos tratamentos adicionais e a média geral do fatorial, estão apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 Valores médios de ATT (acidez titulável total ml NaOH 0,1N/100g café), dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variável | Tratamentos adicionais ¹ | | | ² Média dos adicionais | ² Média do fatorial |
|----------|-------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Verde descascado | | |
| ATT | 205,0 ab | 221,4 a | 190,0 b | 205,5 A | 212,5 A |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Pode-se verificar que os valores médios de acidez titulável total, nos tratamentos adicionais, foram significativamente menores nos cafés verdes descascados, quando comparados aos valores encontrados no café verde natural, embora, ambos não diferissem dos valores médios de acidez titulável total apresentados pela testemunha. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre a média dos valores de acidez titulável total, encontradas

entre os tratamentos descascados sem repouso e os tratamentos que repousaram 12, 24 e 48 horas (Tabela 11). A acidez titulável total tem sido usada como um indicador de alterações na qualidade. Nesse caso, mais uma vez, o menor valor encontrado para o café verde descascado indica sua melhor qualidade (Arcila-Pulgarin & Valência-Aristizabal (1975); Carvalho et al. (1994); Pereira (1997)).

Na Tabela 12 são apresentados os valores médios da acidez titulável total das amostras de café dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tipo de processamento e condição de repouso.

TABELA 12 Valores médios de ATT (acidez titulável total ml NaOH 0,1N/100g café), para os tipos de processamento e condição de repouso.

| Processamento | Condição de repouso | |
|---------------|---------------------|------------------|
| | Presença de água | Ausência de água |
| Verde natural | 240,0 a A | 228,3 a B |
| Descascado | 188,4 b A | 193,3 b A |
| Médias | 214,2 | 210,8 |

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%.

Nota-se que o processamento influenciou significativamente os valores de acidez titulável total, observando-se valores maiores para o café verde natural, independentemente da presença ou da ausência de água. No entanto, o efeito da presença ou da ausência da água dependeu do tipo de processamento utilizado, ocorrendo diferenças significativas na fração do café verde natural e não ocorrendo alterações significativas nos valores da acidez titulável total no café verde descascado. Indícios de possível efeito negativo da imersão do café verde natural em água foram notados nas análises anteriores (Tabelas 4 e 6) sem, no entanto, possibilitarem resultados conclusivos. Os valores mais elevados da ATT para os cafés verdes natural, imersos em água, durante o repouso reforçam essa observação. Chagas (2003) correlacionou valores mais elevados de acidez titulável total com cafés de pior qualidade.

4.7 Sólidos solúveis

Os valores médios dos sólidos solúveis das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como as médias dos tratamentos adicionais e a do fatorial, estão apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 Valores médios de sólidos solúveis (%) dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variáveis | Tratamentos adicionais ¹ | | | ² Média dos adicionais | ² Média do fatorial |
|------------------|-------------------------------------|---------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Descascado | | |
| Sólidos Solúveis | 35,0 a | 30,0 ab | 27,5 b | 30,8 A | 31,0 A |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%.

Observa-se que, dentre os tratamentos que não foram submetidos ao repouso, a testemunha foi o tratamento que apresentou o maior valor médio de sólidos solúveis, significativamente diferentes daqueles encontrados para o café verde descascado. Já o tratamento com café verde natural não apresentou diferenças estatísticas significativas, tanto com a testemunha quanto com o café descascado. Além disso, verifica-se que não houve diferença estatística significativa entre as médias dos tratamentos adicionais e a média geral dos tratamentos que repousaram 12, 24 e 48 horas.

Os valores médios de sólidos solúveis das amostras de café dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tipo de processamento e condição de repouso, são apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 Valores médios de sólidos solúveis (%) para os tipos de processamento e condição de repouso.

| Processamento | Condição de repouso | |
|------------------|---------------------|------------------|
| | Presença de água | Ausência de água |
| Verde natural | 26,7 b A | 29,3 b A |
| Verde descascado | 35,8 a A | 34,6 a A |
| Médias | 31,2 A | 31,9 A |

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%. UFLA, Lavras-MG, 2009.

Observa-se que o tipo de processamento influenciou significativamente nos teores de sólidos solúveis sendo que o café verde descascado apretnou os maiores teores, tanto na ausência quanto na presença de água. Por outro lado, a presença ou ausência de água não produziu variação significativa nos teores de sólidos solúveis, nos tratamentos com café natural ou descascado.

Os valores médios de sólidos solúveis totais, observados no presente trabalho, para os cafés verdes natural e descascados, aproximam-se da faixa de 24% e 31%, proposta por Garruti et al. (1962); Bassoli (1992), para café com mistura de grãos e dos valores verificados por Pimenta et al. (2000), de 31,25% para o café verde e de 33,93% para o café verde cana.

Os menores valores de sólidos solúveis observados para o café verde natural podem estar relacionados à sua imaturidade (Pimenta et al., 2000), como observado nas análises dos carboidratos solúveis em água.

4.8 Ácidos clorogênicos

Os valores médios dos ácidos clorogênicos das amostras dos tratamentos adicionais (testemunha, café verde natural sem repouso e café verde descascado sem repouso), bem como o valor médio das médias dos tratamentos adicionais e a média geral do fatorial, estão apresentados na Tabela 15.

TABELA 15 Valores médios de ácidos clorogênicos (%) dos tratamentos adicionais, média geral dos adicionais e do fatorial 3x2x2 (três tempos de repouso, dois métodos de processamento, duas condições de repouso).

| Variável | Tratamentos adicionais ¹ | | | ² Média dos adicionais | ² Média do fatorial |
|----------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | Testemunha | Verde natural | Verde descascado | | |
| Ácidos Clorogênicos. | 5,90 b | 6,60 a | 5,58 b | 6,03 A | 5,56 B |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, para tratamentos adicionais, não diferem entre si, pelo teste Tukey, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, para o contraste (Adicionais vs Fatorial) não diferem entre si, pelo teste F, com um nível nominal de significância de 5%. UFLA, Lavras-MG, 2009.

Observa-se que os valores médios dos ácidos clorogênicos, encontrados na testemunha e no café verde descascado, foram significativamente iguais entre si, mas diferiram do valor encontrado no café verde natural. Conforme observado por Pimenta (1995), elevados teores de compostos fenólicos totais são encontrados em grãos de café colhidos verdes no início da colheita, apresentando diminuição gradativa até o final da colheita. Os cafés verdes naturais, ou seja, aqueles que mantiveram a casca após a segunda operação de descascamento, apresentam mesocarpo duro e contituem a porção mais imatura do lote de café utilizado como matéria-prima. Verifica-se também que as médias dos teores dos ácidos clorogênicos observados nos tratamentos adicionais foram significativamente maiores que as observadas naqueles tratamentos que repousaram por 12, 24 e 48 horas.

Na Tabela 16 são apresentados os valores médios de ácidos clorogênicos das amostras de café dos tratamentos dispostos em esquema fatorial, em função do tempo de repouso, do tipo de processamento e da condição de repouso.

TABELA 16 Valores médios de ácidos clorogênicos (%), em função do tempo de repouso, do tipo de processamento e da condição de repouso.

| Tempo de repouso | Condição de repouso | Processamento | | | |
|------------------|---------------------|---------------|---|------------------|---|
| | | Verde natrual | A | Verde descascado | B |
| 12 | Presença de água | 6,30 a | A | 5,60 a | B |
| | Ausência de água | 6,13 a | A | 5,18 a | B |
| | Médias | 6,21 | A | 5,39 | B |
| 24 | Presença de água | 6,70 a | A | 4,56 a | B |
| | Ausência de água | 6,98 a | A | 4,68 a | B |
| | Médias | 6,84 | A | 4,62 | B |
| 48 | Presença de água | 5,98 a | A | 4,12 b | B |
| | Ausência de água | 5,52 a | A | 4,96 a | B |
| | Médias | 5,75 | A | 4,54 | B |

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de t de Student, com um nível nominal de significância de 5%; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, dentro de cada combinação (Tempo-Água) não diferem entre si, pelo teste t, de Student, com um nível nominal de significância de 5%.

Os valores de ácidos clorogênicos, observados nos cafés verdes descascados, foram menores e significativamente diferentes daqueles obtidos nos cafés verdes naturais, em todos os tempos testados, independentemente da presença ou da ausência de água. Observa-se, ainda, que a presença ou a ausência de água, no repouso que antecedeu ao descascamento, não produziu variações significativas nos teores desses ácidos, tanto nos cafés verdes naturais quanto nos descascados, em todos os tempos considerados, exceto no tempo de 48 horas, no café verde descascado. Os valores obtidos neste trabalho, para os ácidos clorogênicos, encontram-se dentro da faixa proposta por Clifford et al. (1989); Farah & Donagelo (2006), apud Borém (2008), em grãos crus de café arábica.

4.9 Classificação física do café

4.9.1 Números de defeitos

Os valores médios de defeitos para os tratamentos adicionais, ou seja, testemunha, café verde natural e café verde descascado sem repouso, são apresentados na Tabela 17.

TABELA 17 Valores médios de defeitos dos tratamentos adicionais.

| Tratamentos adicionais | Médias |
|------------------------|---------|
| Café verde descascado | 93,4 a |
| Testemunha | 264,0 b |
| Café verde natural | 436,8 c |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, com um nível nominal de significância de 5% (DMS:37,59).

Pode-se observar, pelos dados da Tabela 17, que o número médio de defeitos variou significativamente entre os tratamentos adicionais, ocorrendo os menores valores para o café verde descascado e o maior valor para o café verde natural.

Nos tecidos verdes dos frutos de café é a pectina, que se acha na forma de protopectina, que desempenha a função de enrijecimento dos tecidos, semelhante à da lignina nos tecidos lenhosos. Ela ocorre principalmente entre as células, cimentando-as umas às outras e lhes dando a rigidez característica aos tecidos do fruto verde de café (Franco, 1944). Os frutos verdes natural, de que trata este trabalho são aqueles que, de fato, pelo alto estágio de rigidez dos tecidos não permitiram o seu descascamento e tampouco, apresentavam composição química de seus componentes favorável a uma expressão de boa qualidade. Durante as modificações físico-químicas e químicas que ocorrem na maturação dos frutos de café, a protopectina se hidrólisa por atividade enzimática e se transforma em pectina, substância que tem grande afinidade com a água que promove a perda da rigidez inicial da parede celular. Gradativamente

o fruto de café vai amolecendo, diminuindo a firmeza sua equatorial e polar (Chitarra, M. & Chitarra, A., 2005; López-Marín et al. 2003), de modo a permitir o seu descascamento.

Também, na classificação por tipos, o defeito "verde" pode ter sua situação agravada, pois que, a sua caracterização é dada pela cor verde cana do espermoderma e são pontuados normalmente na proporção de 5 grãos para 1 defeito. Porém, outras alterações, como as de natureza enzimática, podem ocorrer no espermoderma do café colhido verde, modificando-lhe a aparência e prejudicando ainda mais a qualidade. É o caso dos cafés verde-escuros e os preto-verdes que são erroneamente classificados como ardidos (já que o endosperma logo abaixo do espermoderma escurecido se mantém na cor verde) e são pontuados na proporção de 2:1 (2 grãos ardidos equivalem a 1 defeito) (Teixeira et al., 1979), podendo aumentar, equivocadamente, o número de defeitos.

Pelas estas mesmas razões levantadas, os cafés verdes descascados representam a porção mais madura e com composição química mais favorável a apresentação de melhor qualidade e menor número de defeitos.

A classificação intermediária de defeitos da testemunha se justifica, por ser ela a matéria prima do experimento.

Os valores médios de defeitos encontrados na classificação física, em função dos tempos de repouso, são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 Valores médios dos defeitos encontrados na classificação física, em função dos tempos de repouso.

| Tempo de repouso | Médias |
|------------------|-----------|
| 12 | 259,2 a |
| 24 | 275,6 a b |
| 48 | 318,0 b |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, com um nível nominal de significância de 5% (DMS: 15,58).

Observa-se que o número de defeitos foi crescente com o tempo de repouso, ocorrendo diferenças significativas entre os valores encontrados para os tempos de 12 e 48 horas de repouso. Maiores tempos de repouso estão relacionados com processos deteriorativos, especialmente aqueles relacionados à formação do defeito ardido (Borém, et al., 2006).

Os valores médios de defeitos encontrados na classificação, em função do tipo de processamento, são apresentados na Tabela 19.

TABELA 19 Valores médios de defeitos, em função do processamento.

| Processamento | Médias |
|-----------------------|---------|
| Café verde descascado | 123,4 a |
| Café verde natural | 445,1 b |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, com um nível nominal de significância de 5% (DMS:12,71).

Observa-se que o café verde descascado apresentou, significativamente, menor número de defeitos, comparado com o café verde natural.

O descascamento dos frutos verdes, entre outros aspectos positivos já relatados, favorece a qualidade do café também pela redução da catação, melhoria do tipo e aspecto, decorrentes do menor número de defeitos.

4.9.2 Tipo

Nos gráficos da Figura 2, apresentam-se os resultados da frequência para o tipo dos cafés verde natural e descascado.

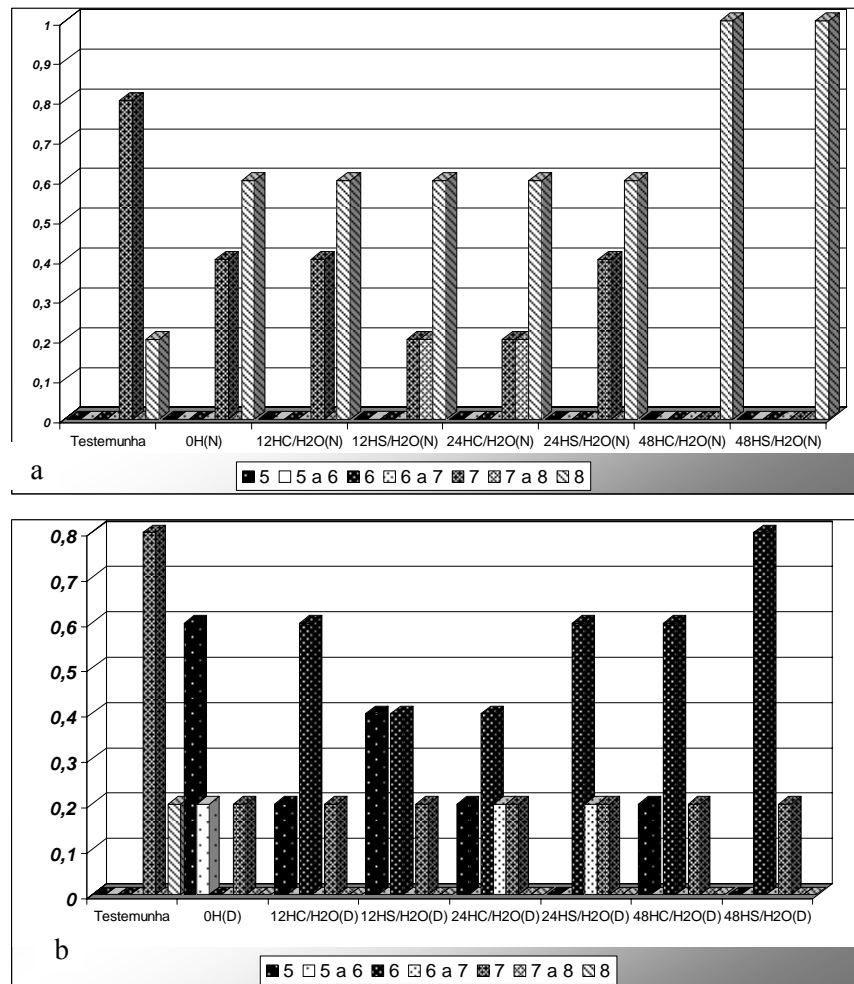


FIGURA 2 Frequência para o tipo, encontrados nos cafês verde natural (a) e verde descascado (b).

Verifica-se, no gráfico da Figura 2a, que, entre os cafês verdes naturais que a maior frequência do melhor tipo (7) foi obtida nos tratamentos processados no mesmo dia da colheita (zero hora) e a maior frequência do pior tipo (8), nos tratamentos que repousaram 48 horas antes de serem processados.

Observa-se, no gráfico da Figura 2b, que a maior frequência do tipo 5 foi encontrada no tratamento zero hora (60% da amostras), seguido pelos tratamentos 12 horas, na ausência de água e na presença de água. As maiores

frequências dos piores tipos são apresentados nos tratamentos 24 e 48 horas na ausência de água.

4.10 Análise sensorial

4.10.1 Café verde natural

Na Tabela 20 estão apresentadas as médias de cada atributo da análise sensorial e a média da nota total dos tratamentos para o café verde natural.

TABELA 20 Médias dos atributos e média total da análise sensorial das notas por tratamento do café verde natural.

| Trat | BL | Doc. | Acid. | Corp. | Sab. | GR. | Bal. | Geral | Total |
|-----------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| Testemunha. | 1,60 | 1,60 | 1,80 | 1,67 | 1,73 | 1,73 | 1,87 | 1,80 | 49,80 |
| ZeroHora | 1,27 | 1,47 | 1,40 | 1,47 | 1,47 | 1,53 | 1,47 | 1,33 | 47,40 |
| 12HS/H ₂ O | 1,67 | 1,93 | 1,87 | 1,60 | 1,60 | 1,93 | 2,00 | 1,87 | 50,40 |
| 12HC/H ₂ O | 1,60 | 1,67 | 1,73 | 1,87 | 1,80 | 2,13 | 2,00 | 1,87 | 50,67 |
| 24HS/H ₂ O | 1,67 | 1,80 | 1,67 | 1,67 | 1,73 | 1,67 | 1,73 | 1,87 | 49,80 |
| 24HC/H ₂ O | 1,47 | 1,67 | 1,67 | 1,33 | 1,40 | 1,47 | 1,47 | 1,33 | 47,80 |
| 48HS/H ₂ O | 1,33 | 1,33 | 1,47 | 1,40 | 1,40 | 1,27 | 1,40 | 1,40 | 47,00 |
| 48HC/H ₂ O | 1,13 | 1,20 | 1,13 | 1,13 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 45,40 |

BL: bebida limpa; Doc.: doçura; Acid.: acidez; Corp.: corpo; Sab.: sabor; GR.: gosto remanescente; Bal.: balanço.

Na Tabela 21 são apresentadas as análises de cluster dos tratamentos (café verde natural), em que eles são agrupados de acordo com o grau de similaridade.

TABELA 21 Análise de cluster por atributo da análise sensorial da bebida (café verde natural).

| Passo | Nível de similaridade (%) | Tratamentos agrupados | Novo grupo | Nº de observações por grupo |
|-------|---------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------|
| 1 | 94,6783 | 1 5 | 1 | 2 |
| 2 | 90,6302 | 2 7 | 2 | 2 |
| 3 | 89,9731 | 3 4 | 3 | 2 |
| 4 | 89,6261 | 2 6 | 2 | 3 |
| 5 | 86,5897 | 1 3 | 1 | 4 |
| 6 | 69,4755 | 2 8 | 2 | 4 |
| 7 | 61,4038 | 1 2 | 1 | 8 |

Na Figura 3 é apresentado o dendrograma relativo à similaridade dos tratamentos, segundo os atributos da análise sensorial.

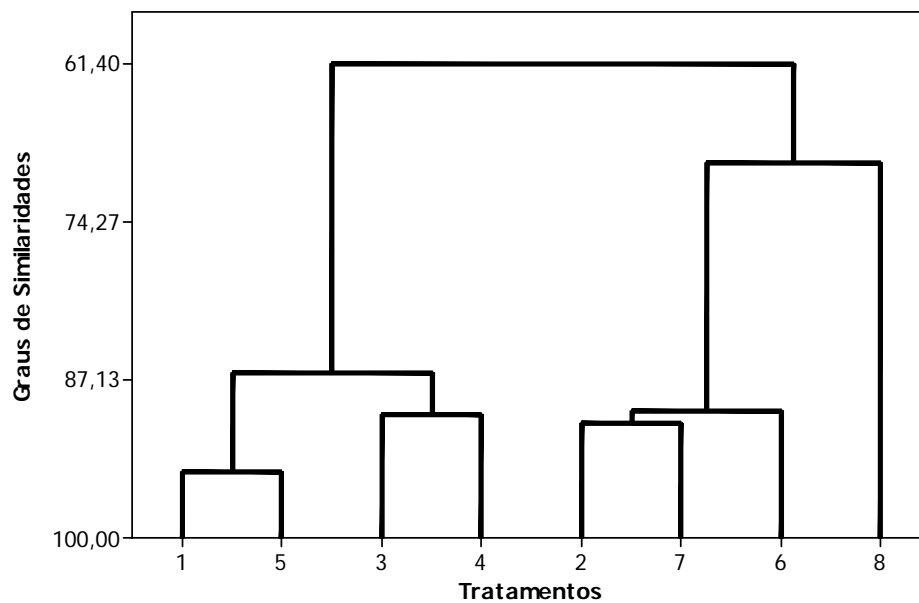


FIGURA 3 Dendrograma obtido da análise de agrupamento hierárquico, utilizando os oito atributos da análise sensorial do café verde natural. Legenda de identificação numérica dos tratamentos do café verde natural.

| Número | Tratamento | |
|--------|----------------------------|---------------------|
| | Período de repouso (horas) | Condição de repouso |
| 1 | Testemunha (sem repouso) | - |
| 2 | Sem repouso | - |
| 3 | 12 | Ausência de água |
| 4 | 12 | Presença de água |
| 5 | 24 | Ausência de água |
| 6 | 24 | Presença de água |
| 7 | 48 | Ausência de água |
| 8 | 48 | Presença de água |

Observa-se, na Tabela 21 e na Figura 3, que a testemunha assemelhou-se, em 94,67%, com o tratamento 24 horas na ausência de água e em 86,58% com os tratamentos 12 horas com e sem água, que se assemelharam em 89,97% entre si. Assim, do ponto de vista sensorial, para o café verde natural, o repouso em até 24 horas não alterou o padrão da bebida, ressaltando que notas da ordem de grandeza de 45 a 50 pontos estão relacionadas com bebidas de baixa qualidade.

O tempo zero hora se assemelhou, em 90,63%, com o tratamento 48 horas na ausência de água, em 89,62% com os tratamentos 24 horas na presença de água e em 69,47% com os tratamentos 48 horas na presença de água. Observa-se que, em geral, o café verde natural apresentou baixo padrão de qualidade, ainda que algumas similaridades pudessem ser descritas.

Destaca-se a similaridade dos tratamentos com repouso de 12 horas, com presença e ausência de água, com as maiores notas obtidas, indicando que é dispensável o uso da água até esse período. A pior nota foi dada para o café que ficou 48 horas em repouso sem água, indicando que, mesmo para cafés com baixa qualidade, o repouso poderá alterar ainda mais o perfil sensorial do café.

4.10.2 Café verde descascado

Na Tabela 22 são apresentadas as médias de cada atributo da análise sensorial e a média da nota total de cada tratamento, referente ao café verde descascado.

TABELA 22 Médias dos atributos e média total da análise sensorial das notas por tratamento do café verde descascado.

| Trat | BL | Doc. | Acid. | Corp. | Sab. | GR. | Bal. | Geral | Total |
|-----------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| Test. | 1,60 | 1,60 | 1,80 | 1,67 | 1,73 | 1,73 | 1,87 | 1,80 | 49,80 |
| Zero Hora | 3,67 | 3,87 | 3,67 | 3,80 | 3,87 | 3,87 | 3,93 | 4,00 | 66,67 |
| 12HS/H ₂ O | 3,73 | 3,87 | 3,87 | 3,93 | 4,13 | 4,07 | 4,00 | 3,80 | 67,33 |
| 12HC/H ₂ O | 3,73 | 3,80 | 3,80 | 3,80 | 3,80 | 3,73 | 3,80 | 3,87 | 66,33 |
| 24HS/H ₂ O | 2,93 | 2,93 | 2,80 | 3,20 | 3,13 | 2,93 | 2,87 | 2,93 | 59,73 |
| 24HC/H ₂ O | 3,73 | 3,80 | 3,67 | 3,87 | 4,00 | 3,86 | 3,80 | 3,93 | 66,67 |
| 48HS/H ₂ O | 3,13 | 3,07 | 3,07 | 3,07 | 3,13 | 3,07 | 3,13 | 3,20 | 60,87 |
| 48HC/H ₂ O | 3,93 | 4,00 | 4,00 | 4,07 | 4,00 | 4,27 | 4,13 | 4,13 | 68,40 |

BL: bebida limpa; Doc.: doçura; Acid.: acidez; Corp.: corpo; Sab.: sabor; GR.: gosto remanescente; Bal.: balanço.

Na Tabela 23 estão apresentadas as análises de cluster dos tratamentos (café verde descascado), em que os tratamentos são agrupados de acordo com o grau de similaridade.

TABELA 23 Análise de cluster por atributo da análise sensorial da bebida (café verde descascado).

| Passo | Nível de similaridade (%) | Tratamentos agrupados | Novo grupo | Nº de observações por grupo |
|-------|---------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------|
| 1 | 99,1580 | 2 6 | 2 | 2 |
| 2 | 97,9359 | 2 4 | 2 | 3 |
| 3 | 96,2449 | 2 3 | 2 | 4 |
| 4 | 94,0949 | 2 8 | 2 | 5 |
| 5 | 93,7128 | 5 7 | 5 | 2 |
| 6 | 70,6554 | 2 5 | 2 | 7 |
| 7 | 46,6085 | 1 2 | 1 | 8 |

Na Figura 4 é apresentado o dendrograma relativo à similaridade dos tratamentos, segundo os atributos da análise sensorial do café verde descascado.

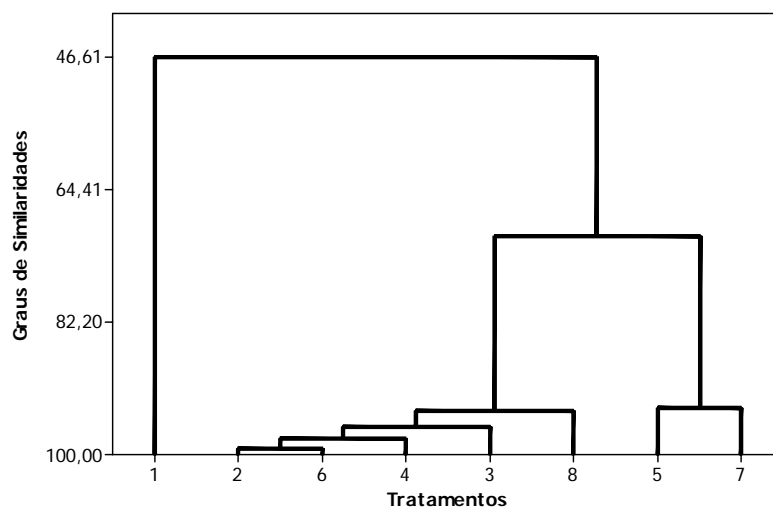


FIGURA 4 Dendrograma obtido da análise de agrupamento hierárquico utilizando os oito atributos da análise sensorial do café verde descascado.

Legenda de identificação numérica dos tratamentos do café verde natural.

| Número | Tratamento | |
|--------|----------------------------|---------------------|
| | Período de repouso (horas) | Condição de repouso |
| 1 | Testemunha (sem repouso) | - |
| 2 | Sem repouso | - |
| 3 | 12 | Ausência de água |
| 4 | 12 | Presença de água |
| 5 | 24 | Ausência de água |
| 6 | 24 | Presença de água |
| 7 | 48 | Ausência de água |
| 8 | 48 | Presença de água |

No dendrograma representado na Figura 4, observa-se que a testemunha apresentou baixa similaridade (46,61%) com os cafés verdes descascados

Observa-se que a nota mais baixa ocorreu nas amostras de café com repouso de 24 e 48 horas sem água, indicando alterações indesejáveis na bebida do café verde descascado.

Considerando que o tratamento descascado no mesmo dia da colheita (sem repouso) assemelhou-se, em 99,15%, ao tratamento 24 horas na presença de água e em 97,93% e 96,24% aos tratamentos 12 horas na presença e na ausência de água, pode-se inferir, do ponto de vista sensorial, que o repouso do café, dependendo das condições, mantém o mesmo padrão de bebida que seria encontrado no descascamento feito logo após a colheita, sem prejuízos para o produtor. Os tratamentos 24 e 48 horas, com o repouso feito na ausência de água, se assemelharam, em 93,71% entre si, mas se diferenciaram dos demais tratamentos de café verde descascados. Isso porque, do ponto de vista sensorial, o repouso feito na ausência de água alterou o padrão da bebida, atribuindo-lhes as menores notas, na ordem de grandeza de 59,73 e 60,87 pontos, relacionando-as com bebidas de pior qualidade.

4.11 Prova de xícara

Os resultados da prova de xícara, em termos de frequência para a bebida, da testemunha, dos cafés processados no mesmo dia da colheita e daqueles que descansaram 12, 24 e 48 horas na ausência ou na presença de água, são apresentados nos gráficos da Figura 5.

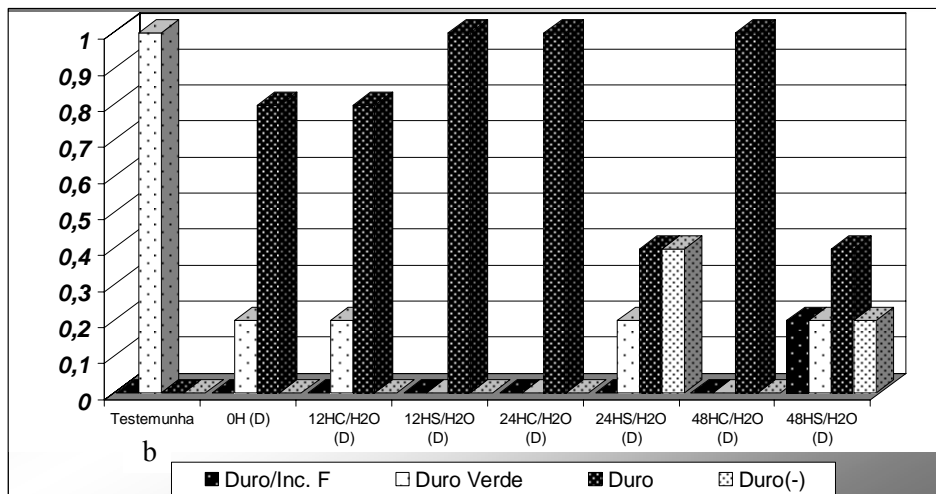
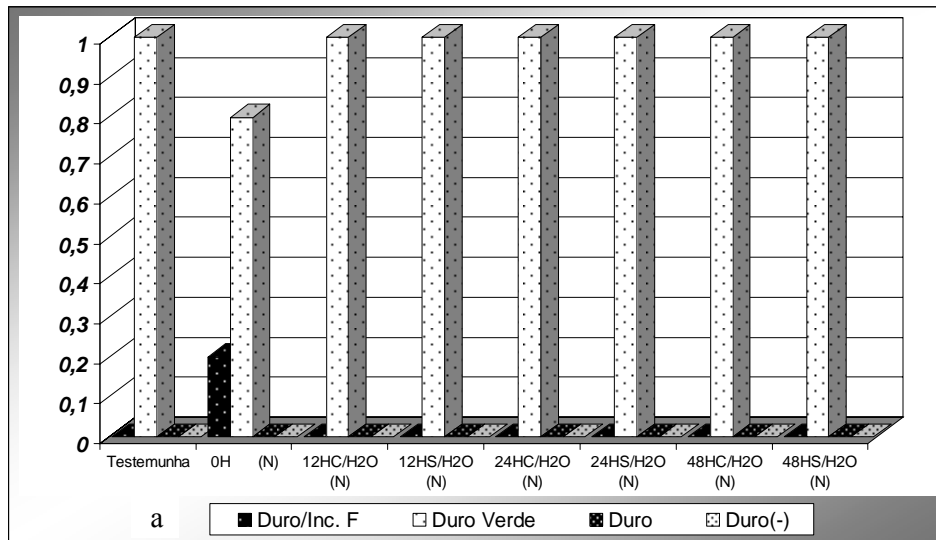


FIGURA 5 Frequência para bebida, encontrada nos cafês verde natural (a) e verde descascado (b).

Pode-se observar, na Figura 5 (a e b), que todos os tratamentos que compuseram o experimento apresentaram bebida dura. Os cafês verdes naturais (Figura 5 a), incluindo a testemunha, apresentaram nuance "verde" e foram classificados como "duro-verde". A única exceção foi apresentada pelo verde

natural do mesmo dia da colheita (zero hora), que apresentou frequência de 20% das amostras para o gosto "fermentado".

Nos tratamentos dos cafés verdes descascados (Figura 5 b), a bebida dura/verde foi observada em 20% das amostras analisadas, exceto nos tratamentos que permaneceram em repouso 12 horas na ausência de água e 24 e 48 horas na presença de água, nos quais a bebida foi classificada "dura" – sem nuance alguma.

Relevante melhoria da bebida para os cafés verdes descascados pode estar relacionada com a observação de menores valores de acidez titulável total, maiores teores de açúcares, menores teores de ácidos clorogênicos nestes cafés, entre outros eventos ainda não relatados na literatura, como possíveis alterações no metabolismo dos frutos, decorrentes da remoção do exocarpo e mesocarpo (Arcila-Pulgarin & Valência-Aristizabal, 1975; Carvalho et al., 1994; Pereira, 1997).

Nos tratamentos que permaneceram mais tempo em repouso, 24 e 48 horas, na ausência de água, antes de serem descascados, houve nítida depreciação da qualidade da bebida, com o aparecimento em 20% das amostras de gosto fermentado.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesta tese, pode-se concluir que:

- O descascamento do café verde melhora a qualidade final do café, dado que melhora suas características químicas e físico-químicas;
- O descascamento do café verde diminui o número de defeitos encontrados na classificação física;
- O descascamento do café verde melhora sua qualidade na análise sensorial e na prova de xícara;
- Cafés de melhor qualidade foram obtidos nos descascamentos feitos no mesmo dia e, até, 12 horas após a colheita; independente do uso

ou não de água no processo. Em tempos mais prolongados de repouso, o uso da água demonstra ter efeito protetor da qualidade;

- O rendimento do descascamento dos frutos verdes independe do tempo de repouso;
- A imersão dos frutos verdes em água não aumenta (como se acreditava) o rendimento do descascamento. Com a eliminação desta prática, evita-se a produção de água residuária como potencial poluidor do ambiente.

Esses resultados são relevantes para o produtor, pois: 1) permite melhor planejamento do processamento dos frutos verdes (que pode se iniciar imediatamente após o descascamento dos frutos cereja, ou ser feito na manhã do dia seguinte com o mesmo resultado); 2) diminui impactos ambientais; 3) têm evidentes consequências econômicas positivas, não só no aumento do preço de mercado do produto, como também na diminuição de custos, já que dispensa gastos com construção de tanques ou outros dispositivos de alto valor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.349-353, 1999.

AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; SILVA, F.S. da. Contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n.8, p.46-53, jan./jun. 2004. Edição Especial.

ALVIM, P. de T. Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. **Science**, Washington, v.132, n.3423, p.354, Aug. 1960.

AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde, relacionados com a deterioração da qualidade**. 1978. 85p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMORIM, H.V.; CRUZ, A.R.; DIAS, R.M.; GUTIERREZ, L.E.; TEIXEIRA, A.A.; MELLO, M.; OLIVEIRA, G.D. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1977, Guarapari. **Resumos...** Guarapari: MIC/IBC, 1977. p.15-18.

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, R.V. Water soluble and non protein components of Brazilian green coffee bean. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, p.179-1184, 1975.

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M.; CRUZ, V.F.; MNALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green Coffee and the quality of beverage: II – phenolic compounds. **Turrialba**, San Jose, v.24, n.2, p.217-221, Abr./July 1974.

ANDROCIOLO, F.; LIMA, A.; BARBOSA, F.; TRENTA, E.J.; CARNEIRO, F.; CARAMORI, F.; CARAMORI, P.H.; SCHOLZ, M.B.S. do. Caracterização da qualidade da bebida dos cafés produzidos em diversas regiões do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p.256-257.

ARCILA-PULGARIN, J.; VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relación entre la actividad de la polifenoloxidase (PFO) y las pruebas de catación como medidas de la calidad de la bebida del café. **Cenicafé**, Chinchiná, v.26, n.2, p.55-71, abr./jun. 1975.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the association of official analytical chemists**. 15.ed. Washington, 1990. 684p.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Floração do café: uma revisão. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.25, n.141, p.467-479, set. 1978.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; COONS, M.P. The physiology of flowering in coffee: a review. **Journal of Coffee Research**, Balehonnur, v.8, n.2-3, p.29-73, 1978.

BASSOLI, P.G. **Avaliação da qualidade de cafés verdes brasileiros: uma análise multivariada**. 1992. 110p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal de Londrina, Londrina.

BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. 631p.

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R.; CANDIANO, C.A.C.; FARIA, L.F.; SILVA, P.J. Processamento do café verde descascado I: aspectos técnicos e econômicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p.254-255.

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R.; FARIA, L.F. de; SILVA, P.J. da. Alternativas para processamento do café verde. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2005. 3p. 1 CD-ROM.

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R.; SILVA, P.; FARIA, L.F. Processamento e secagem dos frutos verdes do cafeeiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.9, n.1/2, p.19-24, jun. 2006.

BRANDO, C.H.J. Marketing dos cafés do Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, 2000, p.109-117.

BRANDO, C.H.J. Cereja descascado, desmucilado, fermentado, despulpado 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, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº8, de 11 de Junho de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 ago. 2003. p.22-29. Seção I.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. Instituto Brasileiro do Café. Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (GERCA). **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações do I.B.C. 4. ed. Rio de Janeiro: GERCA, 1981. 312p.

BROWNING, G. Environmental control of flower bud development in Coffee arabica L. In: LANDSBERG, J.J.; CUTTONG, C.V. (Ed.). **Environmental effects on crop physiology**. New York: Academic, p.321-331, 1977.

BYTOF, G.; KNOPP, S.E.; SCHIEBERLE, P.; TEUTSCH, I.; SELMAR, D. Influence of processing on the generation of aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research Thecnology**, London, v.220, n.3-4, p.245-250, 2005.

CAMARGO, A.P. de; CAMARGO, M.B.P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.65-68, abr. 2001.

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.M. Clima e fenologia do cafeeiro. In: CULTURA de café no Brasil: manual de recomendações. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1981. p.1-62.

CAMARGO, A.P. de; PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 43p. (Agricultural Meteorology Cam Report, n.58).

CARVALHO, A.; GARRUTI, R.S.; TEIXEIRA, A.A.; PUPO, L.M.; MONACO, L.C. Ocorrência dos principais defeitos do café em várias fases de maturação dos frutos. **Bragantia**, Campinas, v.29, n.20, p.207-220, jun. 1970.

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

CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.S.; CHAGAS, S.J. de R. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.183, p.5-20, jun. 1997.

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

CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S.J. de R.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar. 1994.

CARVALHO JÚNIOR, C. de. **Efeito de sistemas de colheita na qualidade do café (Coffea arabica L.)**. 2002. 140p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHAGAS, S.J. de R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**. 1994. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

CHAGAS, S.J. de R. **Potencial da região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais**. 2003. 91p. Dissertação (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de. Influência da altitude e da ocorrência de chuvas durante os períodos de colheita e secagem sobre a qualidade do café procedente de diferentes municípios da região Sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.26, n.2, p.32-36, jul. 2001.

CHASSEVENT, F.; GERWIG, S.; BOUHARMONT, M. **Influence eventuelle de diverses fumures sur les teneurs en acides chlorogeniques et en cafeine de grains decafeiers cultivés**. Paris: ACIC, 1973. p.57-60.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1985. 1 v.

CLIFFORD, M.N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. New York: Croom Helm, 1985. p.305-374.

CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffee beans. **Process Biochemistry**, London, v.2, n.24, p.20-23, Mar, 1985.

CLIFFORD, M.N.; KAZI, T. The influence of coffee bean maturity on the content of chlorogenic acids, caffeine and trigonelline. **Food Chemistry**, London, v.26, p.59-69, 1987.

CLIFFORD, M.N.; WILLIAMS, T.; BRIDSON, D. Chlorogenic acids and caffeine as possible taxonomic criteria in *Coffea* and *Psilanthus*. **Phytochemistry**, Oxford, v.28, n.3, p. 829-838, 1989.

CLIFFORD, M.N.; WHIGHT, J. The measurement of feruloylquinic acids and caffeoylquinic acids in coffee beans. Development of and the first preliminary application to green coffee beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.27, n.1, p.73-84, 1976.

COELHO, K.F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida “estritamente mole” após a inclusão de grãos defeituosos**. 2000. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COELHO, K.F.; PEREIRA, R.G.F.A.; CARVALHO, V.D. de; VILELA, E.R. Efeito da inclusão de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2000. p.118-119.

FARAH, A.; DONAGELO, C.M. Phenolic compounds. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, São Paulo, v.18, n.1, p.23-26, 2006.

FARAH, A.F.P.; TRUGO, T.L.C.; MATIN, P.R. Effect of roasting on the formation and degradation of chlorogenic acids lactones in roasted coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.53, n.5, p.1505-1513, 2005.

FISCHER, M.; REIMAN, S.; TRIVATO, V.; REDGWELL, R.J. Polysaccharides of green Arabica and Robusta coffee beans. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.330, n.1, p.93-101, Jan. 2001.

FERREIRA, L.A.B.; VILAR, H.; FRAGOSO, M.A.C.; AGUIAR, M.C.; CRUZ, M.J.R.; GONÇALVES, M.M. Subsídios para a caracterização do grão de café do híbrido de timor. In: CINQUIÈME COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA CHIMIE DES CAFÉS VERTS, TORRIFIÉS ET LEURS DÉRIVÉS, 5., 1971, Paris. **Proceedings...** Paris: ACIC, 1971. p.128-147.

FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; MENDONÇA, J.C.F.; SILVA, X.A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, London, v.90, n.1-2, p.84-89, Mar./Apr. 2005.

FRANCO, C.M. A fermentação do café é um processo bacteriano. **Boletim da Superintendência dos Serviços do Café**, São Paulo, v.19, n.205, p.250-256, mar. 1944.

FREDERICO, D.; MAESTRI, M. Ciclo de crescimento dos botões florais de café. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.27, n.1, p.171-181, 1970.

GARRUTI, R.S. dos; GOMES, A.G. Influência do estado de maturação sobre a qualidade da bebida do café na região do vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.44, p.989-995, out. 1961.

GARRUTI, R.S. dos; TEIXEIRA, C.G.; TOLEDO, O.Z. de; NEVES, J.J. de P. Determinações de sólidos solúveis e qualidade da bebida em amostras de café dos portos brasileiros de exportação. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.7, p.77-82, jan. 1962.

GIRANDA, R. do N. **Aspectos qualitativos de cafés (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes processos de secagem**. 1998. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GOULART, P.F. de; ALVES, J.D.; MALTA, M.R.; MAGALHÃES, M.M.; PEREIRA, R.G.A.; MEYER, L.E. Análise comparativa entre lixiviação de potássio, condutividade elétrica, ácido clorogênico e métodos de quantificação da atividade da polifenol oxidase em extrato semipurificado de amostras de café de diferentes padrões de qualidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.7, p.78-85, 2003.

GUIMARÃES, J. R.; MENDES, A.N.G.; SOUZA, C.A.S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 317p.

INSTITUTE STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **Programa de computador, ambiente VM**. Cary, 1993. Versão 6.08.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. 5. ed. Rio de Janeiro, 1985. 580p.

ILLY, A.; VIANNI, R. **Espresso coffee**: the chemistry of quality. San Diego: Academic, 1996. 253p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolf Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3. ed. São Paulo, 1985. 533p.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice hall, 1998. 607p.

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

KY, C.L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; GUYOT, B.; HAMON, S; NOIROT, M. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, Oxford, v.75, n.2, p.223-203, 2001.

LELOUP, V.; GANCEL, C.; LIARDON, R.; RYTZ, A.; PITHON, A. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE. 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

LIMA, D.M.; CARVALHO, M.L.M. de; RODRIGUES, A.B. de; SOUZA, L.A. de. Teste de condutividade elétrica de massa na avaliação da qualidade de sementes de café submetidas a diferentes métodos de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 13., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado: Informativo Abrates, 2003. 320p.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean quality. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

LOPES, L.M.V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LÓPEZ-MARÍN, S.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; MONTOYA-RESTREPO, E.C.; OLIVEIROS-TASCON, C.E. Câmbios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colômbia). **Cenicafé**, Chinchina, v.54, n.3, p.208-225, 2003.

MARIA, C.A.B. de; TRUGO, L.C.; MOREIRA, R.F.A.; WERMECK, C.C. Composition of green coffee fractions and their contribution to the volatile profile formed during roasting. **Food Chemistry**, London, v.50, n.2, p.141-145, 1994.

MARQUES, E.R. **Alterações químicas, sensoriais e microscópicas do café cereja descascado em função da taxa de remoção de água**. 2006. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MATIELLO, J.B. Competitividade da cafeicultura brasileira. **Revista do Café**, Rio de Janeiro, v.85, n.818, p.32-35, jul. 2006.

MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, London, v.64, n.4, p.547-554, Mar.1999.

MENDONÇA, L.M.V.L. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de *Coffea arabica* L.** 2004. 153p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENEZES, H.C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido caféoil químico com a maturação do café**. 1994. 95p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

MÊS, M.G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. TIT. Various phenomena associated with the dormancy of coffee flower buds. **Portugaliae Acta Biologica**, Lisboa, v.5, p.25-44, 1957.

MINGOTI, A.S. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.

MIYA, E.E.; GARRUTI, R.S.; CHAIB, M.A.; ANGELUCCI, E.; FIGUEIREDO, I.B.; SHIROSE, I. Defeitos do café e qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2., 1974. Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1974. 392p.

MOENS, P. Investigaciones morfológicas, ecológicas y fisiológicas sobre cafetos. **Turrialba**, San Jose, v.18, n.3, p.209-233, 1968.

MORGANO, M.A.; CAMARGO, C.; FERRÃO, M.F.; BRAGAGNOLO, N.; FERREIRA, M.M.C. Determinação simultânea dos teores de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico em amostras de café cru por análise multivariada (PLS) em dados de espectroscopia por reflexão difusa no infravermelho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. 1 CD-ROM.

NELSON, N.A. Photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.153, n.1, p375-384, July 1944.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L.C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.296-299, maio/ago. 2003.

NOGUEIRA, V.S. Preparo do café. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1., 1984, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: UFV/POTAFOS, 1984. p.78-90. 3 v.

NOGUEIRA, V.S. Preparo do café. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.421-439.

OHIOKPEHAI, O.; BRUMEN, G.; CLIFFORD, M.N. The chlorogenic acids content of some peculiar green coffee beans and the implications for coffee beverage quality. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 10., 1982, Salvador. **Proceeding...** Paris: ASIC, 1982. p.177-185.

OLIVEIRA, G.A. de. **Qualidade dos cafés cereja, bóia e mistura, submetidos a diferentes períodos de amontoamento e tipos de secagem**. 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ . **El despulpado del café por médio de desmucilaginas mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarana en el estado de Paraná en Brasil**. Londres, 1992. Não paginado. (Reporte de Evaluación Sensorial).

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Quantitative descriptive flavours profiling of coffees form.** Londres, 1991. Não paginado. (Reporte de Evaluación Sensorial).

ORTOLANI, A.A.; CORTEZ, J.G.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. de.; THOMAZIELLO, R.A.; ALFONSI, R.R. Clima e qualidade natural de bebida do café arábica no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.662-664.

PÁDUA, F.R.M. de. **Composição química e qualidade de diferentes tipos de café torrado e moído durante o armazenamento.** 2002. 76p. Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PEREIRA, R.G.F.A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (Coffea arabica L.) "estritamente mole".** 1997. 96p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PIMENTA, C.J.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L. Polifenoloxidase, lixiviação de potássio e qualidade de bebida do café colhido em quatro estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.171-177, fev. 1997.

PIMENTA, C.J.; COSTA, L.; CHAGAS, S.J. de R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e polifenóis em café (Coffea arabica L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.25, n.esp., p.23-30, 2000.

PIMENTA, C.J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café.** 2001. 145p. Tese (Doutorado em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (Coffea arabica L.) originado de diferentes frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PINTO, N.A.V.D. **Composição química e qualidade da bebida e "blends" do café arábica cru e torrado.** 2002. 92p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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.

PRETE, C.E.C.; CRUDI, C.E.; FONSECA, I.C.B.; SERA, T. Condutividade de exsudato de grãos de café colhidos em diferentes estádios de maturação. In: PUERTA-QUINTERO, G.I. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. **Cenicafé**, Colombia, v.51, n.2, p.136-150, 2000.

REDWELL, R.J.; CURTI, D.; FISCHER, N.; NICOLAS, P.; FAY, L.B. Coffee bean arabinogalactans acidic polymers covalently linked to protein. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.337, n.3, p.239-253, 2002.

REINATO, C.H.R. **Avaliação técnica, econômica e qualitativa do uso de lenha e do GLP na secagem do café**. 2002. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REINATO, C.H.R.; BORÉM, F.M.; SILVA, P.; ABRAHÃO, E.J. Qualidade da bebida dos cafés descascados, cereja, bóia e roça secados em terreiros de terra e lama asfáltica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Anais...** Varginha: [s. n.], 2005. p.314-315.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.13-86.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. **Item** : Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.48, p.34-41, set. 2000.

ROGERS, W.J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in development grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. Arabica*) coffees. **Plant Science**, London, v.149, n.2, p.115-123, Dec. 1999.

SILVA, C.G.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H. Qualidade da bebida do café (*coffea arabica L.*) em função da proporção de frutos verdes e da temperatura do ar de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.23, n.1, p.45-48, 1998.

SILVA, D.J. da. **Análises de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1998. 165p.

SILVA, J.S. **Secagem e armazenamento do café**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 162p.

SIVETZ, M. **Coffee processing technology**. Westport: AVI, 1963. 379p.
TEIXEIRA, A.A.; HASHIZUME, H.; NOBRE, G.W.; CORTEZ, J.G.; FAZUIOLI, L. C. Efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes de frutos colhidos verdes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. 7., 1979. Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p.353- 357.

TEIXEIRA, A.A.; HASHIZUME, H.; NOBRE, G.W.; CORTEZ, J.G.; FAZUIOLI, L.C. Efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes de frutos colhidos verdes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. 7., 1979. Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p.353-357.

TEIXEIRA, A.A.; PEREIRA, L.S.P.; PIMENTEL-GOMES, F.; CRUZ, V.F. da. Influência de grãos ardidos em ligas com cafés de bebida mole, **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.23, n.6, p.683-687, 1971.

TEIXEIRA, A.A.; PIMENTEL-GOMES, F.; PEREIRA, L.S.P.; MORAES, R.S.; CASTILHO, A. **A Influência de grãos verdes em ligas com cafés de bebida mole**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Café, 1970.15p. (Boletim Técnico, n.3).

TOLEDO, J.L.B.; BARBOSA, A.T. **Classificação e degustação do café**. Brasília: SEBRAE, 1998. 91p. (Série Agronegócio).

TONO, T.; FUJITA, S.; KAWAEBE, M. Determination of chlorogenic acid in coffee samples by difference spectral method and DEAE-Toyopearl column chromatography. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Japón, v.36, n.7, p.587-591, 1989.

TOSELLO, A. **Curso de cafeicultura do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1957. 256p.

TRUGO, L.C.; MACRAE, R.A. Chlorogenic acid composition of instant coffee. **Analyst**, London, v.109, n.3, p.263-266, Mar. 1984.

VILELA, E.R. Secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.55-63, 1997.

VILELA, E.R.; PEREIRA, R.G.F.A. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas: pós-colheita e qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.219-274.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: La Salle, 1995. 395p.

WENT, F.W. **The experimental control of plant a n t growth**. New York: Chronica Botânica, 1957. p.164-168.

ANEXOS

| ANEXO A | | Página |
|-----------|--|--------|
| TABELA 1A | Análise de variância para a condutividade elétrica (CE) e lixiviação de potássio LXX, segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais..... | 83 |
| TABELA 2A | Análise de variância para ácidos clorogênicos (AC) e açúcares não redutores (SAC), segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais..... | 83 |
| TABELA 3A | Análise de variância para açúcares redutores (AR) e totais (AT), segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais..... | 84 |
| TABELA 4A | Análise de variância para ATT e sólidos solúveis (SS), segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais..... | 84 |
| TABELA 5A | Análise de variância para o número de defeito..... | 85 |

TABELA 1A Análise de variância para a condutividade elétrica (CE) e lixiviação de potássio LXX, segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais.

| Fonte de variação | gl | Quadrado médio (p-valor) | |
|-------------------|------|--------------------------|------------------------|
| | | CE | LXX |
| Tratamentos | (14) | 11.687,1767 (p<0,0001) | 1.259,9633 (p<0,0001) |
| Tempo (T) | 2 | 370,4251 (p=0,0302) | 178,0369 (p<0,0001) |
| Processamento (B) | 1 | 132.399,0375 (p<0,0001) | 11.359,1552 (p<0,0001) |
| Água (A) | 1 | 49,7952 (p=0,4826) | 86,5921 (p<0,0001) |
| T x B | 2 | 1.997,3432 (p<0,0001) | 257,5681 (p<0,0001) |
| T x A | 2 | 1.093,3341 (p<0,0001) | 126,7726 (p<0,0001) |
| B x A | 1 | 1.236,5144 (p<0,0001) | 320,1660 (p<0,0001) |
| T x B x A | 2 | 1.225,7576 (p<0,0001) | 94,0338 (p<0,0001) |
| Adicionais (Ad.) | 2 | 6.087,6364 (p<0,0001) | 1.658,7434 (p<0,0001) |
| Fatorial vs Ad. | 1 | 2.634,8422 (p<0,0001) | 1.137,0632 (p<0,0001) |
| Erro | 60 | 99,7430 | 2,1953 |
| CV(%) | | 4,87 | 3,40 |

TABELA 2A Análise de variância para ácidos clorogênicos (AC) e açúcares não redutores (SAC), segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais.

| Fonte de variação | gl | Quadrado médio (p-valor) | |
|-------------------|------|--------------------------|--------------------|
| | | AC | SAC |
| Tratamentos | (14) | 3,4954 (p<0,0001) | 2,4287 (p<0,0001) |
| Tempo (T) | 2 | 2,5968 (p<0,0001) | 2,2392 (p<0,0001) |
| Processamento (B) | 1 | 30,1608 (p<0,0001) | 17,6258 (p<0,0001) |
| Água (A) | 1 | 0,0147 (p=0,7725) | 0,1972 (p=0,2061) |
| T x B | 2 | 2,5982 (p<0,0001) | 0,3246 (p=0,0761) |
| T x A | 2 | 0,4019 (p=0,1084) | 0,3570 (p=0,0595) |
| B x A | 1 | 0,3315 (p=0,1730) | 0,1092 (p=0,3453) |
| T x B x A | 2 | 0,9449 (p=0,0069) | 0,2246 (p=0,1644) |
| Adicionais (Ad.) | 2 | 1,3606 (p=0,0010) | 1,7389 (p<0,0001) |
| Fatorial vs Ad. | 1 | 2,6248 (p<0,0001) | 6,3020 (p<0,0001) |
| Erro | 60 | 0,1743 | 0,1207 |
| CV(%) | | 7,39 | 5,94 |

TABELA 3A Análise de variância para açúcares redutores (AR) e totais (AT), segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais.

| Fonte de variação | gl | Quadrado médio (p-valor) | |
|-------------------|------|--------------------------|--------------------|
| | | AR | AT |
| Tratamentos | (14) | 0,0880 (p<0,0001) | 3,4682 (p<0,0001) |
| Tempo (T) | 2 | 0,0936 (p<0,0001) | 3,2745 (p<0,0001) |
| Processamento (B) | 1 | 0,6699 (p<0,0001) | 26,8938 (p<0,0001) |
| Água (A) | 1 | 0,0035 (p=0,0532) | 0,1000 (p=0,3654) |
| T x B | 2 | 0,0361 (p=0,0048) | 0,1104 (p=0,4047) |
| T x A | 2 | 0,0044 (p<0,0001) | 0,3510 (p=0,0616) |
| B x A | 1 | 0,0068 (p=0,0079) | 0,0498 (p=0,5222) |
| T x B x A | 2 | 0,0076 (p=0,0006) | 0,1096 (p=0,4073) |
| Adicionais (Ad.) | 2 | 0,0169 (p<0,0001) | 2,1846 (p<0,0001) |
| Fatorial vs Ad. | 1 | 0,2354 (p<0,0001) | 9,4522 (p<0,0001) |
| Erro | 60 | 0,0009 | 0,1202 |
| CV(%) | | 6,51 | 5,24 |

TABELA 4A Análise de variância para ATT e sólidos solúveis (SS), segundo um modelo uma estrutura fatorial com tratamentos adicionais.

| Fonte de variação | gl | Quadrado médio (p-valor) | |
|-------------------|------|--------------------------|---------------------|
| | | ATT | SS |
| Tratamentos | (14) | 2.581,6533 (p<0,0001) | 81,1789 (p<0,0001) |
| Tempo (T) | 2 | 651,2666 (p=0,0279) | 8,4140 (p=0,7112) |
| Processamento (B) | 1 | 28.123,3500 (p<0,0001) | 557,8450 (p<0,0001) |
| Água (A) | 1 | 170,0166 (p=0,3232) | 2,5833 (p=0,7468) |
| T x B | 2 | 324,6000 (p=0,1593) | 57,4081 (p=0,1052) |
| T x A | 2 | 511,2666 (p=0,0581) | 8,4140 (p=0,7112) |
| B x A | 1 | 1.033,3500 (p<0,0001) | 141,2200 (p=0,0196) |
| T x B x A | 2 | 389,6000 (p=0,1117) | 70,0331 (p=0,0655) |
| Adicionais (Ad.) | 2 | 1.233,2666 (p<0,0001) | 72,9000 (p=0,0589) |
| Fatorial vs Ad. | 1 | 596,4400 (p=0,0670) | 0,5186 (p=0,8850) |
| Erro | 60 | 171,3333 | 24,5501 |
| CV(%) | | 6,20 | 15,98 |

TABELA 5 Análise de variância para o número de defeito.

| FV | GL | SQ | QM | F | p-valor |
|-------------------|------|--------------|------------|------------|----------------|
| Tratamentos | (14) | (1920595,86) | (137185,4) | (25,88398) | (3,00559E-20)* |
| Tempo(T) | 2 | 36827,73 | 18413,87 | 3,474305 | 0,037349984* |
| Beneficiamento(B) | 1 | 1552685,07 | 1552685 | 292,9587 | 9,18144E-25* |
| Agua(A) | 1 | 6998,40 | 6998,4 | 1,32045 | 0,255071614 |
| T x B | 2 | 16334,93 | 8167,465 | 1,541027 | 0,22251671 |
| T x A | 2 | 446,40 | 223,2 | 0,042113 | 0,958789651 |
| B x A | 1 | 8736,27 | 8736,27 | 1,648349 | 0,204119765 |
| T x B x A | 2 | 3754,13 | 1877,065 | 0,354162 | 0,703218159 |
| Adicionais(Ad.) | 2 | 294812,93 | 147406,5 | 27,81247 | 2,83786E-09* |
| Fatorial vs Ad. | 1 | 4578,62 | 4578,617 | 0,863888 | 0,356377423 |
| Erro | 60 | 318000,80 | 5300,013 | | |
| Total | 74 | 2243175,28 | | | |

*Significativos. CV = 25,8%

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)