

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**QUALIDADE DO CAFÉ NATURAL E DESPOLPADO EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE SECAGEM E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO**

RENI SAATH

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**QUALIDADE DO CAFÉ NATURAL E DESPOLPADO EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE SECAGEM E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO**

RENI SATH

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Martin Biaggioni

Co-Orientador: Prof. Dr. Fernando Broetto

Co-Orientador: Prof. Dr. Flávio Meira Borém

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Dezembro – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO BOTUCATU (SP)

S112q Saath, Reni, 1962-
Qualidade do café natural e despulpado em diferentes
condições de secagem e tempos de armazenamento / Reni
Saath. - Botucatu: [s.n.], 2010.
xv, 229 f. : il. color., gráfs. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010
Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni
Co-orientador: Fernando Broetto
Co-orientador: Flávio Meira Borém
Inclui bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Composição química. 3. Qualidade
fisiológica e sensorial. 4. Perfis protéicos e de ácidos
graxos. I. Biaggioni, Marco Antonio Martin. II. Broetto,
Fernando. III. Borém, Flávio Borém. IV. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. V. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

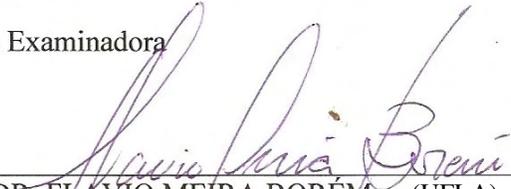
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "QUALIDADE DO CAFÊ NATURAL E DESPOLPADO EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE SECAGEM E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO"

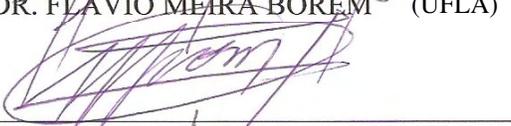
ALUNA: RENI SAATH

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI

Aprovado pela Comissão Examinadora



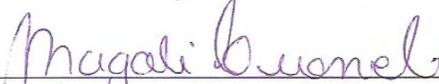
PROF. DR. FLAVIO MEIRA BOREM (UFLA)



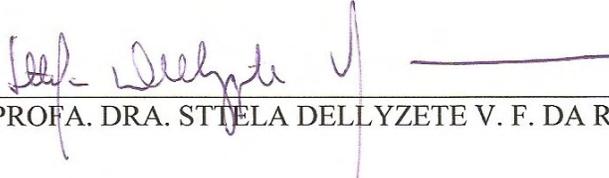
PROF. DR. GERSON SILVA GIOMO (IAC)



PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES (FCA/UNESP)



PROFA. DRA. MAGALI LEONEL (FCA/UNESP)



PROFA. DRA. STELA DELLYZETE V. F. DA ROSA (EMBRAPA CAFÉ)

Data da realização: BOTUCATU, 17 de dezembro de 2010.

A Deus, pelo dom da vida, saúde e presença constante em minhas jornadas;

A Ana, Fernanda, Luiz, Isabel, Alexandre e Vitor, presenças marcantes em minha vida, ao meu lado em todos os momentos, com amor carinho e incentivo.

DEDICO

A meus pais, Rochus Felipe e Leonita, exemplos de caráter,

A meus irmãos e amigos, pelo carinho, amizade e compreensão.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Deus, nosso Pai, Filho e Espírito Santo, contemplou-nos com a bênção trina da Água + Luz + Solo, a equação da vida na Terra.

Uma fórmula simples, mas detentora da combinação de processos químicos, físicos e biológicos complexos, dinâmicos e permanentes, descrito pelo próprio Criador, no Gênesis, 3, 19:

“Com o suor do seu rosto, comerás o pão; até que voltes a terra, donde foste tirado. Porque és pó e em pó te tornarás”.

Que o homem, busca incessantemente desvendar, com suas Teorias + Métodos + Técnicas e define como ciência:

“Na natureza nada se cria, nada se perde. Tudo se transforma” e

(Lavoisier)

A mim, em particular, Ele abençoou com grandes mestres, que mais do que ensinar, deram condições para o meu contínuo desenvolvimento como pesquisadora e pessoa, assim como o solo dá às menores plantinhas, tornando-as vigorosas e produtivas.

Com grandes amigos, que iluminam minha trajetória, me ajudando a crescer como ser humano e, ainda mantêm meu caminho à temperatura indiscutivelmente perfeita para um suco ou cervejinha gelada, churrascos apetitosos e longos e valiosos papos, que para mim são “terapia em grupo”.

Com pessoas dos mais variados perfis, algumas que vem como chuvas torrenciais até as que vêm como tempestades, proporcionando meus melhores momentos de reflexão, cabendo a mim medir a quantidade ideal a ser aproveitada ao meu crescimento.

E com a minha família, que é a junção dessas três bênçãos, me suportando como o solo suporta até mesmo as maiores estruturas, me fazendo crescer como a luz faz com as plantas, com o auxílio da milagrosa reação da fotossíntese, e com uma quantidade diária perfeita de amor, que como a água para a planta deve ser na medida exata para seu

desenvolvimento, nem muito que a sufoque nem pouco que a faça murchar, simplesmente o suficiente. Fazendo da equação: Luz + Água + Solo = Minha Vida.

A meus filhos, pela dedicação e responsabilidade ao ensinar-me, saber viver. Ao Vitor Augusto e a família Borém, pela perseverança, alegria e esperança no amanhã. Ao casal Ana e Alexandre, pelo exemplo de garra, caráter, atitude, bom senso e perseverança. À Marísia e Marina pela paciência, apoio e confiança. Ao José Henrique pelo apoio e motivação para nunca desistir.

Por isso, a todos vocês, fica o meu mais sincero, MUITO OBRIGADA e que o nosso Deus trino continue nos abençoando a cada dia.

Agradeço também, à Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP/Botucatu-SP - ao Departamento de Engenharia Rural, Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, ao IB/Departamento de Química e Bioquímica, a Zootecnia/Departamento de Bromatologia, a Universidade Federal de Lavras/UFLA/Lavras-MG aos Departamentos de Engenharia e Agricultura e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP/ESALQ ao Departamento de Zootecnia/Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal - LNCA.

Aos mestres, Marco Biaggioni, Flávio Borém e Fernando Broetto pela confiança apoio e dedicação, que possibilitaram mais uma conquista. À pesquisadora Sttela Veiga e ao pesquisador Gerson Giomo, pela disponibilidade, sugestões e incentivo.

Ao Conselho Nacional de Apoio Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pelo suporte financeiro durante o curso de pós-graduação.

Enfim, a todos aqueles amigos, professores e colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista.

SUMÁRIO

1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 Característica do mercado do café.....	7
4.2 Importância da qualidade do café	10
4.3 Processamento do café.....	11
4.4 Processo de secagem do café.....	14
4.5 Armazenamento do café	16
4.6 Redução da qualidade durante a pós-colheita.....	18
4.7 Qualidade do café beneficiado grão cru	20
4.7.1 Classificação física do café beneficiado grão cru	21
4.7.2 Classificação do café por peneira, tipo e coloração	21
4.7.3 Classificação do café quanto à bebida	23
4.7.3.1 Controle de qualidade da bebida do café.....	27
4.7.3.2 Fatores que afetam a qualidade da bebida do café	32
4.8 Aspectos físico-químicos, bioquímicos e fisiológicos do café.....	34
4.8.1 Considerações gerais.....	34
4.8.2 Lixiviação de Potássio e Condutividade Elétrica.....	36
4.8.3 Acidez titulável e pH.....	37
4.8.4 Carboidratos totais, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores.....	39
4.8.5 Lipídios	41

4.8.5.1 Triacilgliceróis ou Triglicerídeos (TAGs).....	43
4.8.5.2 Ácidos Graxos	44
4.8.6 Fibras.....	49
4.9 Proteínas.....	50
4.9.1 Atividade enzimática.....	51
4.9.2 Enzimas antioxidativas	54
4.9.3 Proteínas resistentes ao calor (<i>Late Embryogenesis – LEA</i>).....	59
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
5.1 Procedência da matéria-prima	61
5.2 Delineamento experimental	62
5.3 Processamento do café.....	63
5.4 Caracterização dos métodos de secagem.....	64
5.4.1 Pré-secagem	64
5.4.2 Secagem em terreiro.....	65
5.4.3 Secagem mecânica	66
5.5 Caracterização do armazenamento do café.....	69
5.6 Avaliação da qualidade dos cafés	70
5.6.1 Avaliação sensorial dos grãos dos cafés	70
5.6.2 Avaliação físico-química dos grãos dos cafés.....	71
5.6.2.1 Resíduo mineral fixo (teor de cinzas).....	72
5.6.2.2 Resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico a 10%.....	72
5.6.2.3 Extrato Etéreo (EE)	73
5.6.2.4 Proteína Bruta (PB)	73

5.6.2.5 Fibra Bruta (FB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina (L), Celulose (C) e Hemicelulose (H).....	73
5.6.3 Avaliação fisiológica, química e bioquímica dos grãos dos cafés	74
5.6.3.1 Condutividade elétrica (CE)	74
5.6.3.2 Lixiviação de potássio (LK)	74
5.6.3.3 Acidez graxa (AG).....	75
5.6.3.4 Acidez titulável.....	76
5.6.3.5 Determinação do pH.....	76
5.6.3.6 Carboidratos totais, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores.	77
5.6.3.7 Sólidos solúveis	78
5.6.3.8 Compostos fenólicos (Polifenóis).....	78
5.6.4 Caracterização de proteínas nos cafés.....	79
5.6.4.1 Quantificação da proteína	79
5.6.4.2 Quantificação da atividade de enzimas antioxidativas	79
5.6.4.2.1 Catalase (CAT).....	80
5.6.4.2.2 Superóxido Dismutase (SOD).	80
5.6.4.2.3 Peroxidase (PO).....	81
5.6.4.2.4 Polifenoloxidase (PPO)	81
5.6.4.3 Caracterização do perfil proteico dos cafés	82
5.6.4.3.1 Perfil eletroforético de Enzimas	82
5.6.4.3.2 Proteínas resistentes ao calor (<i>LEA</i>)	82
5.6.5 Caracterização dos ácidos graxos	83
5.8 Procedimento estatístico	83

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
6.1 Caracterização do processo de secagem	85
6.2 Caracterização das condições do armazenamento	86
6.3 Caracterização da qualidade do café.....	88
6.3.1 Qualidade sensorial dos grãos dos cafés	88
6.3.2 Qualidade físico-química dos grãos dos cafés	89
6.3.2.1 Resíduo mineral fixo (teor de cinzas).....	90
6.3.2.2 Resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico 10%	91
6.3.2.3 Extrato Etéreo (EE)	93
6.3.2.4 Proteína Bruta (PB)	95
6.3.2.5 Fibra bruta (FB).....	97
6.3.2.6 Fibra em detergente neutro (FDN)	99
6.3.2.7 Fibra em detergente ácido (FDA).....	100
6.3.2.8 Celulose (C).....	102
6.3.2.9 Lignina (L).....	104
6.3.2.10 Hemicelulose (H).....	105
6.3.3 Qualidade fisiológica, química e bioquímica dos grãos dos cafés.....	107
6.3.3.1 Condutividade elétrica (CE), Lixiviação de potássio (LK) e Acidez graxa (AG).....	107
6.3.3.2. Acidez titulável (AT) e pH	112
6.3.3.3 Carboidratos, açúcares totais, redutores e não redutores.....	116
6.3.3.4 Sólidos solúveis e compostos fenólicos totais (Polifenóis).....	125
6.3.4 Caracterização de proteínas nos cafés.....	129

6.3.4.1 Proteína total.....	129
6.3.4.2 Quantificação da atividade de enzimas antioxidantes	131
6.3.4.2.1 Catalase (CAT).....	131
6.3.4.2.2 Superóxido Dismutase (SOD).....	133
6.3.4.2.3 Peroxidase (PO)	134
6.3.4.2.4 Polifenoloxidase (PPO).....	136
6.3.4.3 Caracterização do perfil proteico dos cafés.....	138
6.3.4.3.1 Catalase (CAT).....	138
6.3.4.3.2 Superóxido Dismutase (SOD).....	140
6.3.4.3.3 Peroxidase (PO)	142
6.3.4.3.4 Polifenoloxidase (PPO).....	145
6.3.4.3.5 Esterase (EST).....	147
6.3.4.3.6 Atividade de proteínas resistentes ao calor (<i>LEA</i>)	150
6.4 Caracterização dos ácidos graxos dos cafés	155
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
8 CONCLUSÕES	164
9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
10 ANEXOS	212

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios de teor de águados cafés e condições do ar de secagem.....	85
Tabela 2	Valores médios das notas da análise sensorial dos cafés ao longo armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	88
Tabela 3	Valores médios dos teores de cinzas (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	90
Tabela 4	Valores médios dos teores de cinzas insolúveis, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	92
Tabela 5	Variações médias do teor de extrato etéreo (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	94
Tabela 6	Valores médios de proteína bruta (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.....	95
Tabela 7	Valores médios dos teores de fibra bruta (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	98
Tabela 8	Valores dos teores de fibra em detergente neutro (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	100
Tabela 9	Valores médios de fibra em detergente ácido (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	101
Tabela 10	Valores médios de celulose (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.	103
Tabela 11	Variações médias do teor de lignina (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.....	104

Tabela 12 Valores médios dos teores de hemicelulose (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.....	106
Tabela 13 Perfil de ácidos graxos do óleo de grãos de café ($\mu\text{g } 100 \mu\text{g}^{-1}$), do café natural secado em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C, aos zero e 12 meses de armazenamento.	156
Tabela 14 Perfil de ácidos graxos do óleo de grãos de café ($\mu\text{g } 100 \mu\text{g}^{-1}$), do café despulpado secado em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C, aos zero e 12 meses de armazenamento.	158

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Fluxograma do processamento, secagem e armazenamento dos cafés.....62
- Figura 2 Processo de fermentação e remoção com água da mucilagem do café despulpado: a) matéria-prima; b) café cereja descascado; c) café cereja descascado imerso em água no início do processo da fermentação biológica; d) fase intermediária da fermentação biológica; e) monitoramento da temperatura (°C) e pH durante o processo de fermentação biológica; f) processo de remoção da mucilagem após a fermentação biológica; g) café praticamente livre da mucilagem; h) café despulpado, apto para ser levado ao terreiro.....63
- Figura 3 Pré-secagem do café natural e despulpado em terreiro: (a) cafés cereja após separação hidráulica e seleção manual; (b) café natural na pré-secagem; (c) café despulpado; (d) café despulpado na pré-secagem.64
- Figura 4 Secagem dos cafés em terreiro até atingirem teor de água 11% (bu): (A) café natural; (B) café despulpado.65
- Figura 5 Layout do equipamento com reciclagem do ar de secagem e secador de alta precisão acoplado ao condicionador de ar: (A) câmara de condicionamento do ar; (B) plenum; (C) câmara de secagem; (D) Sistema de recirculação do ar; (E) sistema elétrico, motor, ventilador e vista frontal do painel de controle; (F) gavetas removíveis da câmara de secagem; (G a O) sistema de recirculação do ar de secagem.....67
- Figura 6 Secagem mecânica e monitoramento da umidade do café: (1) natural e (2) despulpado.68
- Figura 7 Armazenamento: (a) preparo do material e (b) ambiente do café armazenado.69
- Figura 8 Valores médios do teor de água, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.....87
- Figura 9 Valores médios de condutividade elétrica (a), lixiviação de potássio (b) e ácidos graxos (c), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.109
- Figura 10 Variações do índice de acidez titulável e de pH, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.113
- Figura 11 Valores médios de carboidratos, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.....117

- Figura 12 Valores médios de açúcares totais (a), açúcares redutores (b) e açúcares não redutores (c), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 120
- figura 13 Valores médios de sólidos solúveis (% ms) e compostos fenólicos ($\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 127
- Figura 14 Valores médios de proteína total ($\mu\text{g de proteína } \mu\text{g}^{-1}$ de grãos), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 130
- Figura 15 Valores médios da atividade catalase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 132
- Figura 16 Valores médios da atividade da superóxido dismutase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 134
- Figura 17 Valores médios da atividade da peroxidase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 135
- Figura 18 Valores médios da atividade polifenoloxidase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 137
- Figura 19 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima catalase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 138
- Figura 20 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima superóxido dismutase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 141
- Figura 21 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima peroxidase, aos zero, 6 e 12 meses do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 143
- Figura 22 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima polifenoloxidase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 146

- Figura 23 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para a enzima esterase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 149
- Figura 24 Padroes eletroforéticos das proteínas *LEA* em grãos de café, aos zero e 3 meses de armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 151
- Figura 25 Padroes eletroforéticos das proteínas *LEA* em grãos de café, aos 6 e 9 meses de armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 152
- Figura 26 Padrões eletroforéticos de grãos de café revelados para proteínas *LEA* em grãos de café, aos 12 meses de armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C. 153
- Figura 27 Cromatograma representativo da determinação da composição em ácidos graxos de óleo do café. 159

1 RESUMO

Considerando que as etapas de processamento, secagem e armazenamento podem interferir na qualidade final do grão, o presente trabalho teve como objetivo, verificar o efeito de diferentes métodos de secagem sobre as alterações sensoriais, físico-químicas, químicas e bioquímicas, ao longo do armazenamento, dos grãos de café natural e despulpado. Dessa forma, frutos de café (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí Vermelho IAC-99, provenientes da fazenda experimental da UFLA/Lavras-MG foram colhidos no estágio cereja, processados por via seca e via úmida. Cafés despolpados e cafés em sua forma natural passaram por um período de pré-secagem em terreiro, após este, divididos em parcelas distintas e submetidos ao processo de secagem até o café atingir o teor de água de 11% (b.u.), sendo então armazenados. Uma parcela de cada tipo de café permaneceu no terreiro para secagem completa ao sol e as demais foram conduzidas à secagem mecânica com ar aquecido a 40°C; 60°C e 60/40°C. Posteriormente, após o produto estar em equilíbrio com a temperatura ambiente, os cafés foram embalados em saco de juta com capacidade para 5 kg e conduzidos à armazenagem convencional. Em todas as etapas houve o monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar. Para a caracterização dos efeitos da secagem e do armazenamento, foram retiradas amostras no início e ao longo do armazenamento, nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 meses. Grãos foram submetidos à análise sensorial, determinação de resíduo mineral fixo, resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico 10%,

fibras (FB, FDN, FDA, lignina, celulose, hemicelulose), proteína bruta, extrato etéreo, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, acidez graxa, carboidratos totais, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, acidez, pH, polifenóis, atividade de enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase, peroxidase, polifenoloxidase), eletroforese de proteínas resistentes ao calor (*LEA* proteína) e de enzimas (catalase, superóxido dismutase, peroxidase, polifenoloxidase e catalase) além da caracterização dos ácidos graxos. O café despulpado foi mais tolerante à secagem do que o café natural, independente do método de secagem, apresentando melhor qualidade fisiológica, menor variação na composição físico-química, química, bioquímica e melhor qualidade de bebida. A elevação da temperatura de secagem promoveu danos aos grãos, os quais reduziram sensivelmente a qualidade da bebida, ao longo do tempo de armazenamento. O tempo para o armazenamento foi afetado pelos diferentes métodos de secagem e processamentos, sendo que, a condutividade elétrica, a lixiviação de potássio, a acidez titulável e a acidez graxa aumentaram com a elevação da temperatura de secagem, independente do tipo de processamento; os carboidratos e a atividade enzimática diminuíram com o aumento da temperatura de secagem, independente do tipo de processamento. O tempo de armazenamento, também interferiu de forma negativa na qualidade do café, tendo condutividade elétrica, a lixiviação de potássio, a acidez titulável e a acidez graxa aumentados e o pH, os carboidratos e a atividade enzimática nos grãos de café diminuídos consideravelmente com o armazenamento. Sensorialmente o café despulpado é menos afetado pela interação secagem, processamento e armazenamento, em relação ao café natural. Em relação ao perfil dos ácidos, destacam-se os ácidos linoleico, palmítico e o oleico. Com o tempo de armazenamento ocorreu uma redução do ácido linoleico com consequente aumento do ácido palmítico. As análises de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e ácidos graxos podem ser indicadas para diferenciar a qualidade dos lotes de café. Com relação às enzimas e a *LEA* proteína, são ferramentas promissoras na diferenciação dos tratamentos aplicados, pois possibilitaram observar as várias transformações bioquímicas nos grãos durante os procedimentos pós-colheita.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, composição química – qualidade fisiológica e sensorial, perfis proteicos e de ácidos graxos.

COFFEE QUALITY NATURAL AND WASHED AT DIFFERENT DRYING CONDITIONS AND STORAGE TIME 2010. 175 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

Author: RENI SAATH

Advisor: MARCO ANTÔNIO MARTIN BIAGGIONI

Co-advisor: FERNANDO BROETTO

Co-advisor: FLÁVIO MEIRA BORÉM

2 SUMMARY

Whereas the stages of processing, drying and storage can affect the final quality of the grain, this study aimed to evaluate the effect of different drying methods on the sensory profile, chemical-physical, chemical and biochemical characteristics, during the storage of natural and pulped coffee. Thus the coffee fruits (*Coffea arabica* L.) IAC-99, from the experimental farm of UFLA/Lavras, Minas Gerais were harvested cherries, processed by dry and wet. The coffees underwent a pre-drying on yard, after this, divided into distinct portions and carried to the drying process until the coffee reaches the water content of 11% (wb), and then stored. A portion of each type of coffee remained on the yard for complete drying in the sun and the others were taken to mechanical drying with heated air 40°C, 60°C and 60/40°C. After the product is in equilibrium with the ambient temperature, the parcels were packed in jute bags capacity 5 kg and led to conventional storage. The temperature and relative humidity were monitored all stages long. To characterize the effects of drying and storage, samples were taken at the beginning and throughout the storage period (0, 3, 6, 9 and 12 months). Grains were subjected to sensory analysis, determination of ash, ash insoluble in hydrochloric acid 10%, fibers (CF, NDF, ADF, lignin, cellulose, hemicellulose), crude protein, ether extract, electrical conductivity, leaching of potassium, fat acidity, carbohydrates totals, total sugars, reducing sugars, non-reducing, acidity, pH, polyphenols, activity antioxidant enzymes (catalase, superoxide dismutase, peroxidase, polyphenol oxidase), protein electrophoresis, heat resistant (*LEA* protein) and enzymes (catalase, superoxide dismutase, peroxidase, polyphenoloxidase and catalase), and characterization of fatty acids. The pulped

coffee is more tolerant to drying than natural coffee, regardless of drying method, with smaller variation in physical-chemical composition, chemistry, biochemistry and better seed and drink quality. The increase in drying temperature promotes damage to the grains, which reduce significantly the quality of the drink, along the storage time. The time for storage is affected by the different methods of drying and processing, and the electrical conductivity, leaching of potassium, acidity and fat acidity increase with increasing drying temperature, regardless of the type of processing; carbohydrates and enzymatic activity decreases with increasing drying temperature regardless of the type of processing. Storage time also interferes negatively in the quality of coffee, and the electrical conductivity, leaching of potassium, acidity and fat acidity increased and pH, carbohydrates and enzymatic activity in coffee beans dropped considerably with storage, the sensory pulped coffee is less affected by the interaction drying, processing and storage, compared to the natural coffee. Among those identified fatty acids stand out linoleic, palmitic and oleic. With storage time a reduction of linoleic acid with a consequent increasing of palmitic acid. The analysis of electrical conductivity, leaching of potassium and fatty acids may be excellent indicators to differentiate the quality of batches of coffee. With regard to enzymes and *LEA* protein, are promising tools in the differentiation of treatments and ability to observe the various biochemical transformations in the grains during post-harvest procedures.

Keywords: *Coffea arabica*, chemical composition – physiological and sensory quality, protein profiles and fatty acids.

3 INTRODUÇÃO

O café é um dos poucos produtos agrícolas cujo valor cresce com a melhoria da qualidade e transformou-se num aspecto imprescindível para conquista de novos mercados. Para o cafeicultor, qualidade representa oportunidade e sucesso, por outro lado, para o consumidor, satisfação pessoal.

A qualidade depende de vários fatores que se estendem desde o local de plantio até o preparo para o seu consumo. De maneira geral, pode-se dizer que os fatores e os cuidados pré e pós-colheita influenciam severamente na qualidade, uma vez que, está interligada aos diversos constituintes físico-químicos do grão precursores do sabor e aroma característicos da bebida. Estes componentes podem ser comprometidos pela falta de cuidado durante as etapas pós-colheita.

O correto procedimento nas operações de pós-colheita cria condições favoráveis à preservação da qualidade dos grãos de café ao longo do armazenamento. Antes de armazená-los, necessariamente, os cafés passam pelo processamento e secagem. Ambas operações, têm influência nos aspectos técnicos e econômicos dos grãos armazenado.

A qualidade dos grãos e sua preservação estão associadas às características iniciais do produto, procedimentos pré-colheita, colheita e pós-colheita e, às condições de armazenagem do café. Por serem higroscópicos, os grãos podem ganhar ou perder água ao longo do armazenamento, estando sujeitos às alterações físico-químicas e bioquímicas comprometendo a qualidade da bebida.

Danos decorrentes do processamento e/ou da secagem podem ser detectados ao longo do armazenamento. Algumas dessas transformações degradam as paredes e as membranas celulares. Isto ocorrendo, os vários componentes químicos, que compatilizados podem entrar, em contato com enzimas iniciando processos hidrolíticos e oxidativos.

A relação da integridade das estruturas celulares com o desempenho fisiológico das sementes é amplamente estudada, entretanto, trabalhos relacionados à preservação das membranas celulares e a qualidade físico-química, bioquímica e sensorial do café são escassos. Verificar a variação destes fenômenos em café armazenado em ambiente não controlado e, como a temperatura de secagem e tempo de armazenamento interferem neste processo, pode tornar-se ferramenta de fundamental importância a preservação da qualidade do café.

Análises da composição química do café durante a pós-colheita poderá auxiliar na elucidação dos eventos que ocorrem nos grãos durante essas etapas, os quais determinam os constituintes químicos dos grãos que contribuem na formação peculiar de cada bebida. Portanto, identificar novos marcadores bioquímicos que possam ser usados para distinguir os cafés obtidos por diferentes formas de processamento e secagem poderá contribuir na manutenção da qualidade do café armazenado.

Diante da necessidade de maiores estudos quanto à relevância da relação entre armazenamento e qualidade de bebida do café, o presente trabalho consistiu na caracterização sensorial, físico-química e química, bioquímica dos grãos de café ao longo do armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) obtidos de diferentes métodos de processamento (natural e despulpado) e secagem (secagem em terreiro e secagem mecânica em secador com ar aquecido a 40°C; 60°C e 60/40°C).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Característica do mercado do café

O café é uma planta dicotiledônea da família das Rubiáceas e do gênero *Coffea*. Dentre as várias espécies conhecidas, as mais comercializadas são a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*. No Brasil, a *C. arabica* ocupa 74% do ranking cafeeiro, e a *C. canephora* ocupa 26% (MONTEIRO et al., 2005). Produzidos e exportados por diversos países, especialmente, os em desenvolvimento, contudo, os consumidores concentram-se em países como Estados Unidos da América, Brasil, União Européia e Japão. Por ser um produto com aromas e sabores distintos, é uma das bebidas mais difundidas no mundo, proporcionando aos países produtores, renda média anual de oito bilhões de dólares (ABIC, 2008).

A espécie *C. arabica*, destaca-se por proporcionar bebida de maior valor comercial, alcançando preços superiores aos do café de *C. canephora*, cuja bebida, considerada neutra, destina-se aos *blends* e à indústria de café solúvel, favorecida pelo menor preço, pela maior concentração de sólidos solúveis, proporcionando um maior rendimento industrial (ILLY; VIANNI, 1996; ILLY, 2002).

O café é consumido não pelo valor nutricional, mas pela sensação de prazer e satisfação proporcionados a quem consome a bebida. Assim, aroma e sabor expressam o valor comercial do produto, ou seja, a qualidade, conseqüentemente, os segmentos produtivos buscam-na constantemente (ILLY, 2002; SOUZA et al., 2002).

No Brasil o café é um produto tradicional da economia, e a agregação de valor tem impulsionado as vendas. No desenvolvimento socioeconômico, a cafeicultura tem participação, pela geração de emprego nas diferentes etapas do processo produtivo. A produção de café no ano comercial 2009/10 deve ser em torno de 43,5 milhões de sacas de 60 quilos (CONAB, 2010).

A participação do café nas exportações do agronegócio brasileiro correspondeu a 6,6% do faturamento total do País (MAPA, 2008). Entretanto, essa posição é apenas aparentemente confortável, visto que a liderança no setor cafeeiro é definida não apenas pela disponibilidade de terras para o plantio, mas também, pela produtividade, qualidade no processo de produção e no produto final e domínio das etapas de distribuição nos principais mercados consumidores (PINTO, 2010). Além disso, a participação na produção e exportação mundial de café de países como o Vietnã, a Colômbia e a Indonésia vem crescendo nas últimas décadas (DUTRA NETO, 2009).

Na atual conjuntura, agentes econômicos do agronegócio afirmam que o setor cafeeiro requer no próprio mercado a diversificação, criatividade e persistência, para atender às suas necessidades, bem como, a expansão sustentável. Sobre a integração dos mercados internos e externos de café, apesar da relevância do tema e da importância do mercado brasileiro no contexto mundial, para Nogueira (2005) há carência de estudos sobre a integração desse mercado, em suas dimensões relacionadas ao tipo de produto (café *arabica* ou *canephora*) e a região (regional nacional e internacional).

A competitividade da exportação brasileira de café está ainda condicionada à comercialização de uma matéria-prima pouco diferenciada, vendida em grandes volumes, diante de mercados globalizados exigentes, de crescente segmentação por bebida, origens, formas e qualidade, confiabilidade e estabilidade do fornecimento do produto. Assim, investir e valorizar a qualidade do café tornam-se fatores determinantes de competitividade (CAIXETA et al., 2008).

As percepções do consumidor têm contribuído para a inserção de cafés especiais. O consumidor brasileiro, também tem exigido pureza, sabor e aroma ao degustar ou adquirir o produto (INTERSCIENCE, 2007, 2008). Pode-se afirmar que essas mudanças de hábito dos consumidores vêm contribuindo com a produção segmentada.

Segundo Oliveira (2004), a segmentação dos cafés foi inserida como um meio de driblar preocupações relacionadas à produção ou, até mesmo, apenas para agregar valor a ele e, com isso conseguir preços mais elevados ao produto. Atualmente, mercado em ascensão, o segmento dos cafés especiais vem estimulando a produção e o consumo de cafés especiais (NETO, 2007). Na balança comercial, cerca de 10% do total de café comercializado no mundo é especial. No Brasil essa fatia é bem inferior a 5% (BSCA, 2008), assim, abrem-se oportunidades ao setor, uma vez que, os rendimentos obtidos desse café são diferenciados.

Segmentação e diferenciação estão entre os fatores mais relevantes que influenciam a competitividade dos produtos agroindustriais. Os cafés especiais destacam-se por atributo específico associado ao produto, processo de produção ou serviço a ele agregado, também, por incluir parâmetros de diferenciação relacionados à sustentabilidade econômica, ambiental e social da produção, de modo a promover maior equidade entre os elos da cadeia produtiva (OTANI et al., 2002; SOUZA et al., 2002). Mudanças no modo de processamento, rastreabilidade e a incorporação de serviços também levam à diferenciação e, portanto, de agregação de valor.

De acordo com Pereira; Bliska; Giomo (2007) sustentabilidade em café implica condições de produção, processamento e comércio que, com referência a todas as partes envolvidas na cadeia da oferta, proporcionem retorno econômico suficiente para cobrir os custos de produção e de vida, acrescido de uma margem para o desenvolvimento; tratam o meio ambiente de maneira responsável, permitindo que os recursos naturais continuem disponíveis para as gerações futuras; e assegurem condições sociais e de trabalho compatíveis com os padrões internacionais à manutenção de comunidades estáveis.

A diferenciação da produção de café, apesar dos custos a ela associados, permite que pequenos cafeicultores se incorporem com maior facilidade ao mercado de cafés especiais (SAES et al., 2001). Ainda, programas e investimentos a melhoria contínua do produto é o diferencial para esses em conjunto com o Brasil buscar posições favoráveis no mercado externo e interno com maior retorno financeiro (BSCA, 2010).

4.2 Importância da qualidade do café

O Brasil, como líder mundial na produção e exportação de café, bem como, grande consumidor, vem buscando atender às exigências de mercado, recorrendo, inovando e adotando tecnologias de ponta à produção de alta qualidade.

A qualidade da bebida é primordial para valorizar o produto (*International Coffee Organization – ICO*, 1991). Essa está associada aos diversos constituintes químicos do grão, responsáveis pelas características qualitativas da bebida (BYTOF et al., 2005; BYTOF et al., 2007; CHALFOUN; PARIZZI, 2008). Para a bebida, a qualidade está associada à satisfação de cada consumidor na observação da combinação balanceada de aromas e sabores, que se tornam perceptíveis apenas com a torração dos grãos (BORÉM, 2008).

Consumido mundialmente o café tem sua produção fiscalizada por órgãos certificadores que buscam a qualidade num sistema socioeconômico sustentável, assim, correlacionam o produto a origem e a forma de produção. A qualidade depende de fatores que se estendem desde o local de plantio até o seu preparo o consumo. Nesse percurso, está o processamento, secagem, armazenamento e beneficiamento (SILVA, 2000; BYTOF et al., 2005; KNOPP et al., 2006; BORÉM, 2008; BORÉM et al., 2008b; CORADI et al., 2008; MARQUES et al., 2008; KLEINWÄCHTER; SELMAR, 2010; SAATH et al., 2010).

Devido às mudanças nas preferências do consumidor, a qualidade tem recebido atenção especial do setor cafeeiro, tornando-se a responsável pela difusão e adoção de novas tecnologias na cadeia produtiva do café. Atualmente, o consumidor paga mais por produtos que possuam atributos associados à bebida, entre outros, aroma, sabor, acidez, corpo, adstringência, sabor residual, considerado parâmetros tangíveis (MARTINEZ, 2008), e aos aspectos socioambientais, entre eles, comércio justo e responsabilidade ambiental, conforme Chagas et al. (2009) são parâmetros intangíveis.

Os carboidratos, assim como os polifenóis, ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas são responsáveis pelas características qualitativas da bebida. Acredita-se que estes compostos podem ser influenciados pelo tempo de armazenamento do café. Onde, de maneira geral, ocorre redução no teor de açúcares, aumento dos polifenóis, aumento da acidez

titulável e no teor de ácidos graxos livres (PIMENTA et al. 2000; CORADI et al., 2008; MARQUES, et al., 2008; PIMENTA et al., 2008) e, conseqüentemente, no teor das demais classes lipídicas (SZPIZ et al., 1989).

4.3 Processamento do café

Na cadeia agroindustrial, o café é um dos produtos agrícolas cujo processamento requer especial atenção, a fim de preservar as suas qualidades. O fruto de cafeeiro é uma drupa elipsóide, formada pelo exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem) e o endocarpo coriáceo (pergaminho), contendo dois lóculos e duas sementes envolvidas separadamente pelo pergaminho. Estas sementes têm formato, plano-convexas, elípticas ou ovais, contendo um sulco longitudinal na face plana (BORÉM, 2008). As sementes de café são constituídas de embrião, endosperma, película prateada ou espermoderma e endocarpo (SILVA, 2002; BORÉM, 2008).

O manuseio varia muito nos países produtores de café, tanto no que diz respeito à estrutura da cadeia como ao modo de executar as operações. O preço baseia-se em parâmetros qualitativos e varia significativamente em função da qualidade apresentada. Sendo assim, cuidados e técnicas adequadas de colheita e pós-colheita são fundamentais para a obtenção de um produto de qualidade e com melhor rentabilidade (MALTA et al., 2008).

Na colheita, a uniformidade dos frutos garante redução de custo e aumento da qualidade do produto. Geralmente, as lavouras podem apresentar desuniformidade de maturação, o que exige maior atenção e cuidado com colheita e manejo pós-colheita. Entre os diversos fatores que podem interferir na maturação desses frutos, destaca-se às condições climáticas. De acordo com Borém (2008), a escolha do modo de processamento do café é decisiva na rentabilidade da atividade cafeeira, e dependerá das condições climáticas, disponibilidade de capital, tecnologia, outorga d'água, entre outros.

O ponto ideal de colheita é quando o fruto está maduro e este se torna matéria-prima para obtenção de um café de boa qualidade (PIMENTA, 2003). O cafeeiro pode apresentar normalmente, frutos em diferentes estádios de maturação (imaturos, cerejas, passas

e secos) devido à característica da planta de exibir várias florações em diferentes épocas do ano (BÁRTHOLO; GUIMARÃES, 1997). Dessa forma, o café proveniente da lavoura pode constituir-se de frutos nestes diferentes estádios de maturação e a presença de cada um desses constituintes e sua proporção, dependerão do sistema e dos cuidados adotados na colheita (BORÉM, 2008).

Segundo Malta et al. (2008) a colheita do café pode ser do tipo seletiva, colhendo-se apenas os frutos maduros, ou do tipo concentrada, derruçando-se todos os frutos. No Brasil, a colheita é feita predominantemente por derruç, colhendo-se uma mistura de frutos de diferentes características com relação à maturação, cor, densidade e teor de umidade. A presença de frutos imaturos tem sido responsável por sérios prejuízos na qualidade do produto final (PIMENTA, 2003).

A colheita do tipo seletiva é um sistema pouco utilizado no Brasil, predomina em outros países, principalmente, onde se utiliza o despulpamento, exemplo típico do que ocorre na Colômbia, América Central, Etiópia e Quênia (MALTA et al., 2008). De acordo com a literatura, processando-se apenas frutos de café no ponto cereja obtém-se bebidas de melhor qualidade. Segundo Carvalho et al. (1997) isso se explica pelo fato de ser esse estágio a fase correspondente ao ponto ideal de maturação dos frutos, no qual a casca, polpa e semente apresentam composição química adequada a proporcionar ao fruto seu máximo de qualidade.

Na fase de pré-processamento os lotes de café são uniformizados por meio da separação hidráulica, a fim de melhorar a eficiência da secagem e a qualidade do produto (SILVA, 2000; BORÉM, 2008). Segundo Reinato et al. (2005) e Borém (2008), a etapa é realizada em lavadores, com dispositivos que separam os frutos pesados (cereja, verdeoengo e verde), dos leves ou bóias, constituídos por frutos defeituosos e/ou com menor teor de água.

Historicamente, dois diferentes métodos são usados para o processamento do café: a via seca e a via úmida (BORÉM, 2008). No Brasil, o processamento via seca é a forma mais utilizada (MALTA et al., 2008), sendo os frutos secos na sua forma integral (BORÉM, 2008).

Antes de conduzir os frutos à secagem, estes passam por separação hidráulica, na qual são retirados as impurezas maiores e os frutos secos. Por sua vez, no

processamento via úmida, podem ser produzidos três tipos de café – *descascados*: mucilagem remanescente do descascamento não é removida dos grãos; *despolpados*: frutos descascados têm a mucilagem remanescente removida por fermentação; *desmucilados*: a mucilagem é removida mecanicamente. Ainda, os cafés do processo via seca são conhecidos como café em coco ou natural e os cafés obtidos por via úmida como café pergaminho (BORÉM, 2008).

O processo de despolpamento traz como vantagens a diminuição considerável do espaço no terreiro e do tempo necessário para secagem dos grãos, sendo que estes quando bem processados, normalmente são classificados como bebida de alto valor comercial, independente da região produtora (PIMENTA, 2003).

Segundo Borém (2008), no Brasil, ainda é pequeno o processamento de cafés por via úmida, comparando-se ao volume total de café produzido no País, entretanto, sua utilização vem crescendo a cada ano, não apenas como necessidade das regiões com maiores limitações para o processamento por via seca (natural), mas como medida para potencializar a obtenção de cafés de bebida exemplar, mesmo nas regiões consideradas adequadas para a produção de café natural (BORÉM, 2008).

Importante ressaltar que existe constante preocupação em produzir-se o café recorrendo a métodos sustentáveis. Entretanto, todas as etapas do processamento vão ter implicações ambientais em maior ou menor gravidade, por exemplo, água residuária da separação hidráulica e do despolpamento cabe salientar, ainda, os resíduos resultantes (PANDEY et al., 2000). Desde os anos noventa, têm sido implementado sistemas de recompensa para os cafés produzidos em plantações social e ambientalmente responsáveis. As que contribuem para a conservação do solo, dos recursos hídricos e da diversidade biológica, empregando tecnologias energéticas eficientes e renováveis, minimizando ou eliminando os produtos agroquímicos e manuseando os detritos em consonância com os princípios da redução, reutilização e reciclagem (CASAL, 2004).

Considerando a interferência dos métodos de processamento na qualidade do café, Brando (1999) observou características superiores da bebida para os cafés preparados por via úmida em relação à via seca. O autor ressalta a capacidade dessa tecnologia em proporcionar uma bebida suave, agregar valor ao café e contribuir para alcançar boas cotações no mercado internacional. Nos estudos de Lima et al. (2008) com café da região

sudoeste da Bahia, o café natural apresentou os maiores indícios de perda da qualidade físico-química e sensorial em relação aos processamentos despoldado e cereja descascado.

Dessa forma, destaca-se que a escolha do método de processamento do café é decisiva na rentabilidade da atividade cafeeira e depende de fatores como a relação custo/benefício, a necessidade de atendimento à legislação ambiental e o padrão de qualidade do produto desejado.

4.4 Processo de secagem do café

A principal técnica para conservação de grãos durante o armazenamento é a redução do seu metabolismo, através da remoção de água por meios artificiais e da redução da temperatura. A secagem pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de energia e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção parcial de água no grão por meio de evaporação, geralmente, por convecção forçada de ar aquecido, permitindo sua conservação durante o armazenamento (HALL, 1980; FOUST et al., 1982; BROOKER et al., 1992).

São as características geométricas específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem ao meio de transferência de calor adotado, que determinam as diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem (MOHSENIN, 1978).

No Brasil, a secagem do café é realizada em terreiros, em secadores mecânicos ou combinando terreiros e secadores (REINATO et al., 2003; REINATO et al., 2005; BORÉM, 2008), sendo o método em terreiros o mais utilizado pelos produtores em, pelo menos, uma das fases do processo de secagem (ANDRADE et al., 2003; SAMPAIO; MACHADO, 2005; RESENDE et al., 2009). Nesse processo, a evaporação da água dos frutos ocorre em função do aquecimento do produto, proporcionada pela ação da radiação solar incidente sobre os mesmos (LACERDA FILHO et al., 2006). Quando o produtor dispõe somente de terreiros para realizar a secagem completa do café, são necessárias grandes áreas,

uso intensivo de mão-de-obra e maior tempo de secagem, expondo o produto às variações climáticas que elevam os riscos de ocorrerem contaminações e fermentações, reduzindo a qualidade final do produto. O tempo médio para secagem completa do café em terreiro é variável e depende das características do produto, do tipo de terreiro, do manejo empregado, bem como das condições climáticas de cada região, variando de 15 a 20 dias para os cafés processados por via seca, podendo chegar até 30 dias em regiões com condições desfavoráveis e de 8 a 12 dias para os cafés processados por via úmida (BORÉM, 2008).

Por sua vez, na secagem em secadores mecânicos, o ar aquecido passa através da massa de grãos por meio de um sistema de ventilação forçada podendo, ou não, esses serem movimentados dentro do secador (REINATO et al., 2003; REINATO; BORÉM, 2006; BORÉM, 2008).

Atualmente os secadores mais utilizados para o café são os verticais de fluxo cruzado com câmaras de descanso, os secadores cilíndricos rotatórios e os secadores de camada fixa (REINATO et al., 2003; RIBEIRO et al., 2003; REINATO; BORÉM, 2006).

No processo de secagem, independente do método, é aconselhável trabalhar com lotes homogêneos, considerando-se tanto a época de colheita, quanto o estágio de maturação ou teor de umidade dos frutos, para obtenção de um produto final uniforme e de boa qualidade (MALTA et al., 2008).

Cada produtor busca uma saída para garantir a qualidade dos grãos e da bebida do café. Os frutos de café, geralmente, são colhidos com teores de água variáveis, dependendo do seu estágio de maturação e, portanto, sujeitos às condições que favorecem uma rápida deterioração. Portanto, antes de ser armazenado, o café deverá, necessariamente, ser secado e, esta etapa é considerada de grande relevância na pós-colheita, tanto do ponto de vista de formação dos custos de processamento como do ponto de vista da preservação da qualidade (BORÉM, 2008).

Segundo Cortez (2001), é indispensável que o café colhido seja imediatamente submetido ao preparo e à secagem para evitar o desenvolvimento de processos fermentativos e consequentes prejuízos à qualidade da bebida. O manejo pós-colheita é fundamental neste aspecto, especialmente, o tempo de exposição aos microrganismos, os quais iniciam a infecção na planta e persistem após a colheita.

A desuniformidade de maturação dos frutos e o elevado teor de água na colheita, ao redor de 60% (bu), tornam o processo de secagem complexo. Assim, os parâmetros temperatura, umidade relativa, vazão do ar e taxa de secagem, tempo de residência do produto na câmara de secagem e teores de água inicial e final do produto devem ser monitorados durante a secagem (SILVA, 2000; BORÉM, 2008). A falta do controle desses fatores pode comprometer a qualidade final do produto (BORÉM et al., 2008), uma vez que, a secagem excessiva leva a perda no peso final, pelos grãos quebrados na fase do beneficiamento. Por outro lado, a secagem insuficiente, acarreta danos à qualidade da bebida e ao aspecto dos grãos (SILVA, 2000; BRANDÃO JÚNIOR et al., 2002; BORÉM, 2008).

Dependendo da temperatura e taxas de secagem utilizadas, podem ocorrer transformações físico-químicas, químicas e fisiológicas nos grãos, que poderão provocar desorganização ou alterações da seletividade das membranas celulares (RIBEIRO et al., 2003; MARQUES et al., 2008; BORÉM et al. 2008a, 2008b).

Borém e Reinato (2006) verificaram que a secagem completa do café despulpado, em terreiros de lama asfáltica, concreto e suspenso proporcionou a manutenção da qualidade do café. Afonso Júnior et al. (2004) avaliaram a contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café e concluíram que a adoção de cuidados e tecnologias adequadas, durante essas etapas, contribuem para a melhoria da mesma.

Vale ressaltar, o melhor método de secagem é aquele que atende as características de cada região, produtor e padrão de qualidade desejado, visando rentabilidade e consumidor.

4.5 Armazenamento do café

O armazenamento do café entre as muitas, tem como principal finalidade manter a qualidade do produto no período entre colheita e comercialização, atendendo as necessidades dos diversos mercados (CORADI et al., 2008). Independente do tipo de café, a logística de distribuição na cadeia agroindustrial do café é ofertar um produto de qualidade sob a ótica do importador e distribuidor de café cru (ICO, 2009).

Embora o armazenamento do café possa se prolongar por longos períodos, por mais lenta que seja (ICO, 2006) ocorrem transformações no produto. Em condições inadequadas, o armazenamento, é um dos principais fatores de perdas qualitativas e quantitativas no produto, uma vez que, nesse período, diversas alterações podem ocorrer, e contribuir com a redução da qualidade do café (LOPES et al., 2000; COELHO et al., 2001; CORRÊA et al., 2003; NOBRE et al., 2007; CORADI et al. 2008).

Segundo Borém (2008), além do ataque de fungos e insetos, o metabolismo dos frutos secos (natural ou em pergaminho) ou café beneficiado resulta em mudanças na cor, sabor e aroma do café. Fatores como temperatura, umidade relativa do ar ambiente, concentração de $\text{CO}_2\text{O}_2^{-1}$, luz, qualidade inicial do produto armazenado, teor de água, tipo de estocagem entre outros, determinam o potencial de preservação da qualidade do café durante o armazenamento (AFONSO JÚNIOR, 2001; AFONSO JÚNIOR et al., 2003; NOBRE et al., 2007).

Além do teor de água ser um elemento importante da avaliação do estado do lote, a integridade da estrutura celular é parâmetro para a previsão de sua armazenabilidade (BROOKER et al., 1992; AFONSO JÚNIOR et al., 2003). O café pode ser armazenado em coco ou pergaminho, logo após a secagem e antes do beneficiamento, em sacarias ou a granel em tulhas, e, como café beneficiado, normalmente acondicionado em sacos de juta, para exportação, atualmente, são utilizadas as embalagens de polipropileno (SILVA, 2009).

Importante ressaltar que o sistema de armazenagem em sacaria permite a segregação de lotes, fator importante, considerando os padrões de avaliação da qualidade, uma vez que, qualidade distinta num mesmo espaço, facilita de certa forma a formação de blends (BORÉM, 2008). Por outro lado, o café também pode ser armazenado a granel. Este sistema predomina quando o café ainda encontra-se nas fazendas. De acordo com Silva (2009), na armazenagem a granel as estruturas tradicionalmente usadas para essa finalidade são as tulhas (SILVA, 2009).

Segundo Borém et al. (2008b), além da função de armazenar, e conceder ao café um período de repouso necessário, para a solidificação das características aromáticas e de sabor, as tulhas servem, ainda, para regular a alimentação da máquina de beneficiamento.

Vale ressaltar, que embora alguns produtores adotem vários anos para estocar café em coco, o período ideal de armazenamento de café pergaminho é, no máximo, um ano e apenas seis meses para o beneficiado. Para isso, é preciso que haja um controle rígido sobre a temperatura, umidade e luz, bem como o combate eficiente a praga que possa contaminar os grãos. Ainda é imprescindível observar a umidade dos grãos no início da estocagem, que não pode superar 11% ou 12% (bu), no café arábica, já o *canephora*, suporta até 13%, como teto. Entretanto, independente do tipo de café, após o terceiro mês, o produto começa a perder qualidade (REVISTA RURAL, 2002).

4.6 Redução da qualidade durante a pós-colheita

Nas sementes, a deterioração é um processo determinado por uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, com início a partir da maturidade fisiológica, que ocorre de maneira progressiva, determinando a queda da qualidade e culminando com a morte da semente (MARCOS FILHO, 2005).

Uma das formas de preservação da qualidade dos grãos de café é o manejo adequado na pós-colheita, com o objetivo de evitar fermentações e infecções microbianas indesejáveis. A perda da viabilidade da semente, com a evolução do seu processo deteriorativo, pode estar relacionada a alterações bioquímicas que conduzem a um comprometimento de suas atividades metabólicas (PIMENTA et al. 2004; SELMAR et al. 2004; BORÉM, 2008).

Conforme Taiz e Zeiger (2004), a ruptura de membrana, também causa a inibição de processos como a respiração, que dependem da atividade de transportadores de elétrons e enzimas associados a membranas. A perda de matéria seca, associada à atividade respiratória dos grãos, pode estar relacionada à depreciação qualitativa (FARIA et al., 2003; FARAH et. al., 2006; BORÉM, 2008).

Para Devilla (2002); Alves et al. (2003) e Afonso Jr. et al. (2004), a manutenção da qualidade do café é condicional ao metabolismo dos grãos que será tanto mais intenso quanto maiores forem a temperatura e a umidade relativa do ambiente e o teor de água

do produto. As alterações dependerão das condições ambientais ($^{\circ}\text{C}$ e UR), da forma de processamento e secagem, e principalmente, estado inicial do café (CORRÊA et al., 2002; AFONSO Jr. et al., 2003; CARVALHO JUNIOR et al., 2003; BYTOF et al., 2005; REINATO, 2006; CORADI et al., 2007/2008; BORÉM, 2008).

As condições de armazenamento interferem diretamente na qualidade do produto final (CORRÊA et al., 2003; CORADI et al., 2008). A intensidade da redução da matéria seca, principalmente, o consumo de reservas pela respiração, decorre das condições e do tempo de armazenamento (ALVES et al., 2003). Danos como fissuras no grão oriundos do processamento e/ou secagem aceleram o processo respiratório ao longo do armazenamento (CORRÊA et al., 2003; CARPITA; MCCANN, 2004). Além do teor de água, a integridade da estrutura celular é parâmetro para a previsão de sua armazenabilidade (BROOKER et al., 1992; AFONSO JÚNIOR et al., 2003).

De acordo com Nogueira et al. (2007) e Borém (2008), na pós-colheita, alguns cuidados de manejo devem ser observados em função de fenômenos como migração de umidade e condensação de vapor, infestação por insetos, além de outras ocorrências, podem favorecer (CHALFOUN; PARIZZI, 2008) a deterioração fúngica e contaminação por micotoxinas.

A falta de orientação nas fases colheita e pós-colheita trazem prejuízos aos frutos de café, pois leva à deformação das membranas e da parede celular (GOULART et al., 2007; BORÉM et al., 2008a) e, em consequência perda do controle da permeabilidade e deterioração rápida do grão (BORÉM, et al., 2008b). Esses danos induzem processos muitas vezes perceptíveis somente durante o armazenamento (PIMENTA et al., 2004). Esses fenômenos podem ser atribuídos a reações oxidativas de natureza enzimática ou não, envolvendo compostos fenólicos e outras enzimas (CHALFOUN; PARIZZI, 2008; PIMENTA et al., 2008; RIGUEIRA et al., 2009).

Direta e indiretamente, as membranas e paredes celulares são as responsáveis pelas transformações no grão, quando este se deteriora. Assim, certas propriedades dos grãos de café devem ser consideradas, uma vez que, vários fatores interferem na modificação desses, e essa transformação, determina a qualidade da bebida (SILVA et al., 2001; AFONSO JÚNIOR et al., 2003; NOBRE et al., 2007; CORADI et al., 2008). As transformações indesejáveis em membranas e paredes celulares de café podem ser devidas a

baixas, altas ou extremas temperaturas, variações de umidade do ar e danos de secagem (BORÉM, et al., 2008b).

Maiores alterações na membrana celular, peso e densidade dos grãos e, espessura e volume da parede celular são atribuídos aos cafés de pior bebida (GODINHO et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2001; SILVA et al., 2001; AFONSO JÚNIOR et al., 2003; FRANCA et al., 2004; NOBRE et al., 2007; NOGUEIRA et al., 2007; CORADI et al., 2008).

Deficiências na integridade de membrana podem ser medidas pela lixiviação de eletrólitos da célula (MARCOS FILHO et al., 1990; PRETE, 1992; PINTO et al., 2000; PÁDUA et al., 2002a; CARVALHO JUNIOR et al., 2003; MALTA et al., 2005; REINATO et al., 2005; GONELI et al., 2007; PIMENTA, et al., 2008) ou visualizadas por meio da análise ultraestrutural (OBANDO-FLOR et al., 2004; GOULART et al., 2007; BORÉM, et al., 2008b; CARDONA et al., 2008; SAATH, et al., 2010).

4.7 Qualidade do café beneficiado grão cru

São muitas as leis, portarias, resoluções, decretos e instruções que regulamentam a produção e a venda do café no Brasil, produto que fez o país ocupar o primeiro lugar no ranking mundial de exportação de produtos agrícolas. Atualmente, as qualificações do café brasileiro são tratadas pela Portaria nº 219, de 19 de dezembro de 2002 (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC), que trata sobre a emissão dos certificados de origem do café. O Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969 que institui as Normas Básicas sobre Alimentos. A Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003 (Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) que aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru e, a Instrução Normativa nº 16, de 24 de maio de 2010 (MAPA) que estabelece o regulamento técnico para o café torrado em grão e café torrado e moído.

Assim, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem na forma da legislação regente.

4.7.1 Classificação física do café beneficiado grão cru

Os instrumentos normativos para o controle da qualidade e autenticidade do café aceitam como fatores de qualidade do café beneficiado grão cru, o teor de água dos grãos, a quantificação dos defeitos e de material estranho, o tamanho do grão e as características organolépticas. No que concerne ao café torrado, à legislação resume-se à determinação do teor de umidade, cafeína e extrato aquoso. A imposição de limites mínimos para o teor de cafeína tenta de certa forma, controlar as adulterações de cafés *C. arabica* com *C. canephora* e, para Casal (2004) a determinação dos hidratos de carbono poderá evitar adições de outros produtos ao café.

Na prática os critérios atuais para comercialização de café no Brasil baseiam-se em uma série de avaliações nesse produto, a fim de estabelecer sua classificação. Para que essas avaliações se tornassem confiáveis, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprovou, em 11 de junho de 2003, a Instrução Normativa nº 8 que diz respeito ao regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru das espécies *C. arabica* e *C. canephora* (BRASIL, 2003).

O café após o beneficiado passa por avaliações baseadas nas características físicas de tamanho, formato, coloração e uniformidade dos grãos e qualidade de bebida, sendo classificado por peneira, bebida, coloração e tipo, para fins de comercialização (BRASIL, 2003).

4.7.2 Classificação do café por peneira, tipo e coloração

Os grãos de café beneficiado podem apresentar diferentes tamanhos e formas geométricas. Assim, a classificação por peneira é determinada de acordo com o formato e o tamanho dos grãos de café (BRASIL, 2003).

Conforme o formato, os grãos de café são classificados em chato e moça. Os grãos chato possuem superfície dorsal convexa e a ventral plana ou ligeiramente côncava com a ranhura central no sentido longitudinal e, os grãos moça apresentam formato

ovóide, também com ranhura central no sentido longitudinal. A granulometria é determinada pelas peneiras, de acordo com o tamanho dos grãos e com a dimensão dos crivos que os retém, sendo circulares para os grãos chatos e oblongos para os grãos moça (BRASIL, 2003).

Essa classificação objetiva avaliar a homogeneidade dos grãos com relação ao tamanho. De acordo com Brasil (2003) para separar o café por tamanho e forma de grão, a norma estabelece o tamanho de peneira a ser utilizada, assim, para grão chato graúdo, deve-se fazer uso de peneiras 17, 18 e 19; para grão chato médio, peneiras 15 e 16 e para grão chato miúdo, peneira 14 e menores. Por sua vez, para grão moça graúdo devem ser utilizadas as peneiras 11, 12 e 13; grão moça médio a peneira 10; e para grão moça miúdo deve-se fazer uso de peneira 9 e menores.

Os cafés que apresentam maior peneira, associados a outros fatores de indicação de boa qualidade, geralmente apresentam maior valor de mercado (LAVIOLA et al., 2006). Cabe ressaltar, a qualidade da torração depende, dentre outros fatores, da homogeneidade dos grãos.

A ocorrência de grãos de café de diferentes tamanhos num mesmo lote pode proporcionar uma torração rápida e desuniforme, principalmente, dos grãos de peneiras menores, os quais são rapidamente queimados, promovendo sabor e aroma desagradáveis à bebida do café (MATIELLO et al., 2002; MENDONÇA, 2004).

Portanto, a separação dos grãos de café pelo tamanho proporciona melhor qualidade do produto final, permitindo maior uniformidade na torra (NASSER; CHALFOUN, 2000) e maior uniformidade dos grãos quanto à coloração e presença de defeitos (NASSER et al., 2001).

Dentre os diversos fatores que podem influenciar a qualidade do café, destaca-se a presença de grãos defeituosos, principalmente, os pretos, verdes e ardidos (PVA), sendo conhecidas suas influências prejudiciais ao aspecto, à torrefação e à qualidade de bebida do café (COELHO; PEREIRA, 2002). Assim, antes do processo da torra, necessariamente, o café é submetido à classificação por tipo, a qual objetiva determinar condições do produto.

A classificação por tipo é realizada de acordo com o número de defeitos e impurezas para uma amostra de 300 g de café beneficiado, conforme estabelecido na Normativa nº 8 (BRASIL, 2003). Os defeitos são de natureza intrínseca (grãos pretos, verdes, ardidos, quebrados, brocados, mal granados ou chochos e conchas) e, de natureza extrínseca

(coco, marinho, cascas, pau, pedra e torrões) são as impurezas representadas por elementos estranhos ao café beneficiado (BRASIL, 2003). No Anexo 1 encontra-se a tabela oficial da classificação por tipo de acordo com o número de defeitos.

Pela metodologia Specialty Coffee Association of America (SCAA) de avaliação de cafés especiais em 350 gramas de amostra de café beneficiado grão cru, não são admitidos defeitos da categoria I e, no máximo cinco defeitos da categoria II (SCAA, 2009). A tabela de equivalência de defeitos SCAA categoria I e II apresenta-se no Anexo 2.

Quantitativamente o número de defeitos contribui de forma significativa para depreciar a qualidade da bebida (SILVA et al., 2006), pois, está associada a problemas específicos da colheita e operações de pré-processamento (FRANCA et al., 2005). Os frutos colhidos fora do estágio ideal de maturação têm potenciais (PIMENTA; VILELA, 2002) para apresentar defeitos pretos, verdes e ardidos, que comprometem a classificação por tipo e, por consequência, a qualidade sensorial desses cafés. No Brasil, grãos com defeitos representam cerca de 20% da produção de café, os quais, não são comercializados no mercado internacional (DELIZA et al., 2005).

Na qualidade final da bebida tem-se a interferência do grão brocado e dos grãos quebrados. O defeito grão brocado representa o danificado pela broca-do-café e apresenta um ou mais orifícios e o defeito grão quebrado é representado por pedaço de grão, de forma e tamanho variável (BRASIL, 2003).

Ainda, o café também é classificado de acordo com a coloração dos grãos, podendo ser enquadrado em oito classes (BRASIL, 2003). Para um lote de café ser considerado especial deve atender requisitos de três tipos de verificações, sendo duas de natureza física e uma de natureza sensorial.

4.7.3 Classificação do café quanto à bebida

Considerando o consumo de café a nível mundial, é natural que, ao longo da história, muitos tenham dedicado à pesquisa a marcadores que contribuam de alguma forma, na aferição de sua qualidade. De acordo com Melo (2004) a informação e a

conscientização permitem agregar valor e melhorar a concorrência, disponibilizando ao consumo um produto de melhor qualidade fundamentada em informações claras e precisas para que o consumidor possa identificar o melhor produto. Conhecer a qualidade do café a ser comercializado e definir as ligas ou *blends* que valorizem determinados lotes de café, são objetivos fundamentais na classificação da bebida.

A análise sensorial é um fator determinante de qualidade de um alimento ou bebida, pois implica na satisfação do consumidor. Essa análise envolve um conjunto de técnicas elaboradas com o intuito de avaliar um produto através de percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo a sua aceitação ou rejeição. Um produto pode apresentar excelentes características químicas, físicas e microbiológicas, porém, é imprescindível que as características sensoriais atendam aos anseios e às necessidades do consumidor (DELLA LUCIA et al., 2006).

O grau de exigência de consumidores e organismos estaduais de São Paulo elevou o nível mínimo aceitável de qualidade global, assim, a Resolução SAA – 7, de 11/03/2004 da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, instituiu que o nível mínimo corresponde a 4,5 pontos, numa escala sensorial de 0 a 10 pontos para qualidade global (SÃO PAULO, 2004). Desde 2007, a Resolução SAA 028, de 01-06-2007, é aplicada na avaliação da qualidade de café torrado em grão e café torrado e moído (SÃO PAULO, 2007).

No Brasil, a classificação da bebida do café é definida sensorialmente, de acordo com o aroma e o sabor pela Classificação Oficial Brasileira (COB), através da prova de xícara, sendo realizada por provadores treinados que distinguem diferentes padrões sensoriais de bebida. Entretanto, a *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2009) propõe a metodologia que avalia os atributos de fragrância do pó, aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo da bebida, com avaliação final da qualidade global e qualidade do café conforme terminologia apresentada por Lingle (1986).

Pela COB, Normativa nº 8/2003, o café brasileiro em relação à bebida apresenta sete escalas (Quadro 1). Ressalta-se que o café de bebida mole é referência para todas as demais (BRASIL, 2003). A descrição, a escala de pontuação e a classificação de qualidade de bebida do café pela Metodologia SCAA encontra-se no Quadro 2.

Quadro 1 - Escala de qualidade Metodologia COB

BEBIDA	CARACTERÍSTICA
Mole	Tem sabor agradável, suave e adocicado.
Estritamente mole	Apresenta todos os requisitos de aroma e sabor da bebida mole, mas de forma mais acentuada.
Apenas mole	Sabor suave, mas sua qualidade é inferior à dos anteriores, com leve adstringência ou aspereza no paladar.
Dura	Apresenta gosto acre, adstringente e áspero; menos aromática que a bebida mole e mais consistente e forte que suave.
Riado	Tem leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico.
Rio	Sabor acre e, tem cheiro e gosto acentuados de iodofórmio.
Riozona	São denominações regionais para qualificar bebidas com características de sabor e odor desagradáveis ou indoleráveis, bem mais acentuadas que as da bebida rio.

Fonte: Brasil (2003)

Quadro 3 - Escala de qualidade Metodologia SCAA

PONTUAÇÃO	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
90 – 100	Exemplar	Especial raro
85 – 89,99	Excelente	Especial origem
80 – 84,99	Muito bom	Especial
< 80	Abaixo do Grau Especial	Não especial

Fonte: SCAA (2009)

Esse método baseia-se em uma análise sensorial descritiva quantitativa da bebida, realizada por uma equipe de julgadores credenciada, fazendo uso da escala numérica não estruturada com intervalos de 0,25 pontos. São dez os atributos averiguados, sendo, fragrância (proveniente do pó seco) e aroma (depois de hidratado e pós-quebra da crosta), uniformidade (5 xícaras, cada qual correspondendo estatisticamente a 20% da

amostra), ausência de defeitos (fermentações indesejáveis, amargor indesejável), doçura (referência = 0,5% m/v), sabor, acidez (tipo da acidez, intensidade e qualidade), corpo (intensidade e qualidade), finalização (persistência e qualidade residual), equilíbrio/harmonia (interação entre sabor, corpo e acidez) e conceito final (SCAA, 2009).

A avaliação global é baseada na memória sensorial que um degustador possui, sempre tomando por referência cafés de mesma origem e natureza. Os resultados dessa avaliação são estabelecidos a partir de uma escala que representam os níveis de qualidade com intervalos de 0,25 (um quarto de ponto) entre valores numéricos compreendidos entre “6,5” e “9,5”. Teoricamente, a escala tem como valor mínimo 0 (zero) e o máximo de 10 (dez) pontos para cada atributo, sendo a qualidade da bebida do café expressa através de uma escala numérica (Quadro 3).

Importante ressaltar que para a análise sensorial da bebida, na avaliação física do café torrado da metodologia SCAA (2009) em 100 gramas de amostra de café torrado, não é permitida a presença de grãos imaturos. Para os atributos, doçura, uniformidade e a ausência de defeitos (xícara limpa) o degustador faz um julgamento de cada xícara, individualmente, concedendo 2 pontos por xícara por atributo (10 pontos é o resultado máximo para o conjunto de 5 xícaras).

Para pontuação total considera os critérios descrição e classificação para cada amostra, assim, denomina café especial, todo aquele café que atingir no mínimo 80 pontos SCAA (Anexo 3). A planilha utilizada na avaliação da descrição dos atributos pontuados pela metodologia SCAA (2009) de avaliação sensorial: Fragrância/Aroma, Uniformidade, Ausência de Defeitos, Doçura, Sabor, Acidez, Corpo, Finalização, Harmonia e Conceito Final encontra-se em anexo (Anexo 4) e, a descrição dos atributos pontuados, também, está em anexo (Anexo 5).

Importante observar que existe uma relação entre os dois métodos. Na Classificação Oficial Brasileira (COB, 2003) a bebida é avaliada pelo método qualitativo e, na metodologia *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2009), a qualidade da bebida é avaliada quantitativa e qualitativamente. Na avaliação quantitativa os diversos atributos podem ser relacionados, sendo o aroma e o sabor típico de café os mais importantes para a caracterização das amostras de café. Um café especial, sob a ótica da qualidade sensorial deve corresponder a um café bebida mole, por sua vez, cafés excepcionais aos classificados como

de bebida *estritamente mole*. A correlação entre metodologias SCAA-COB consta em anexo (Anexo 6). Independente a metodologia, a avaliação sensorial é uma análise complexa que exige bastante treino e conhecimento para diferenciar sabores (TEIXEIRA, 1999).

Devido a grande riqueza de informações sobre as características sensoriais do café, o tempo do treinamento pode variar de acordo com o produto e a equipe, pois, para a caracterização das amostras são discriminados atributos como a cor, aroma de fumaça, aroma de queimado, aroma típico de café, aroma doce, aroma frutado, gosto ácido, gosto amargo, sabor de queimado, sabor típico de café e adstringência (CARVALHO JÚNIOR et al., 2003; CHAGAS et al., 1994; FONSECA; SOARES, 2007).

Para MONTEIRO et al. (2005), a percepção do aroma, do sabor e da textura constitui fenômeno dinâmico e não estático, sendo de suma importância a aplicação da análise tempo-intensidade como forma de avaliação de um alimento. A associação da percepção humana com recursos da informática permite obter informações sobre qualquer característica sensorial pré-estabelecida na avaliação de amostras como, por exemplo, velocidade, tempo de percepção e intensidade do estímulo (CARDELLO; DAMÁSIO, 1996; CARDELLO; FARIA, 1998; MONTEIRO et al., 2005).

4.7.3.1 Controle de qualidade da bebida do café

A análise sensorial tem sido uma ferramenta importante, utilizando os sentidos humanos (olfato, paladar, visão, tato e audição) para avaliar e caracterizar produtos, possibilitando desta maneira medir a qualidade do alimento e/ou bebida e de suas matérias-primas, em programas de qualidade. No caso do café a primeira sensação advém do aroma do pó, um dos aspectos mais importantes para a aprovação ou não de um café (SCAA, 2009). Pesquisa da Inter Science sobre tendências de consumo de 2007 apresenta o aroma do pó como 2º atributo mais importante na formação do conceito de qualidade do café, atrás apenas da percepção de pureza do pó. O sabor característico do café como bebida é proveniente do grão, estando diretamente relacionado com as variedades e influenciado por tratos agrícolas, processos de secagem, fermentação, torrefação, moagem e envase (CAIXETA, 1999). A

avaliação sensorial clássica quantifica a resposta sensorial usando um ponto único de medida. Os provadores fazem uma média do tempo ou integram sua resposta para decodificarem suas respostas para um valor de intensidade único (MONTEIRO et al., 2005).

O café beneficiado grão cru não possui o aroma e o sabor típicos da bebida do café, e, assim, a torrefação é essencial para a produção de compostos que conferem as características de bebida do que se caracteriza como café (DAL MOLIN et al., 2008). Duranteo processo de torrefação, os diferentes compostos são degradados e ou reagem entre si, formando novos compostos que resultam em novos compostos aromáticos (BANKS et al., 1999).

As sensações primárias percebidas pelos órgãos gustativos são as de doce, amargo, salgado e ácido; enquanto que o sabor é o resultado da interação das sensações do gosto e do aroma percebidas durante a gustação (FRANCO; JANZANTTI, 2003), o gosto é a sensação percebida pelos órgãos gustativos quando estimulados por determinadas substâncias solúveis (NBR 12.806-ABNT, 1993; NBR 13.088-ABNT, 1994; NBR 14.141-ABNT, 1998). Para Pimenta (2003) o gosto é atribuído aos compostos não voláteis e o aroma decorre da presença de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas que, no café, são formados durante a torração dos grãos.

De acordo com a SCAA os aromas são formados por três grupos. Grupo enzimático e grupo caramelização do açúcar e grupo destilação seca, por sua vez, a formação dos sabores ocorre por meio da interação entre os quatro sabores básicos (doce, salgado, amargo e ácido). Já os defeitos e alterações nos aromas e sabores devem-se aos agentes externos, trocas químicas, por absorção de outros sabores ou aromas, por processo de torra inadequado. Para a avaliação do aroma e sabor a SCAA faz uso da roda de aromas e sabores (Anexo 7).

O sabor e aroma que caracterizam a bebida café são resultantes da combinação de centenas de compostos químicos produzidos pelas reações que ocorrem durante a torrefação (VILLAS BOAS et al., 2001; ROCHA et al., 2004; AGRESTI et al., 2008; TOCI; FARAH, 2008; RIBEIRO et al., 2009). A qualidade final da bebida, intrinsecamente relacionada à composição dos grãos torrados, é influenciada pelas características da matéria-prima e pelas condições de processamento pós-colheita. O grau de

torra afeta diretamente o sabor do café (BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004; TOCI; FARAH, 2008; RIBEIRO et al., 2009), visto que a forma como o grão foi torrado define os vários compostos que são extraídos durante a formação da bebida (MELO, 2004).

Os componentes químicos do café torrado podem ser divididos em substâncias voláteis e não voláteis. Alguns dos primeiros são responsáveis pelo aroma da bebida enquanto que os segundos contribuem para as sensações de acidez, amargor e adstringência (BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004).

Durante a torrefação, nessas substâncias ocorrem inúmeras reações químicas complexas. Entre as mais importantes citam-se as reações de Maillard: escurecimento não enzimático e as de Strecker: degradação de aminoácidos (CASAL, 2004). Este fato é facilmente explicável pela presença de sacarose, polissacarídeos e aminoácidos livres no café, que contribuem potencialmente para o desenvolvimento destas reações e, conseqüente formação de compostos voláteis e de polímeros de elevada massa molecular (CLARKE, 2003a, b), que elevam as misturas de compostos de aroma em função das taxas de reação molecular (BUFFO; REINECCIUS, 2008).

Alguns compostos, entre eles a cafeína, praticamente não sofrem alterações com o processo da torra. Já a fração proteica e glicídica, embora, em teores relativamente semelhantes ao café beneficiado grãos crus apresentam-se significativamente alteradas em relação ao seu estado inicial. O processo da torra conduz a uma desnaturação proteica, sendo esta proporcional ao grau de torra e variando de 20-40%, em torras médias até mais de 50% em torras escuras (CASAL, 2004).

A variação dos sabores está diretamente associada com a cor do grão torrado. Há três características importantes que indicam a qualidade da bebida em função do grau de torra. Na torra clara a característica predominante é a acidez, mas à medida que a torra aumenta, a cor torna-se mais escura, esta característica diminui deixando ressaltar as demais. Por sua vez, o aroma e o corpo são mais acentuados em graus intermediários. Ainda conforme o autor, à medida que o grão se torna mais escuro, ocorre à carbonização de alguns componentes, portanto, acentuando o sabor de queimado (Melo, 2004).

Internacionalmente, os graus de torra são denominados de acordo com o costume dos países que usam o café comercialmente. Como a torra define a qualidade do produto ou da bebida torna-se necessário o acompanhamento deste processo. Para monitorar

indiretamente o grau de torra, fora do forno, a SCAA e a empresa norte-americana Agtron criaram padrões aceitos internacionalmente. Segundo Melo (2004), este consiste de uma escala de 0 a 100, determinada com base na absorção de luz infravermelha pelo grão do café ou pelo pó, dividida em intervalo de 10 em 10 valores, chamados de número agtron. Cada número agtron corresponde a um intervalo de temperatura do grão, quanto mais alto for o grau de torra menor será esse número. Outros padrões existem, mas esse é atualmente o mais popular (SCAA, 2008).

Ainda, a Agtron desenvolveu espectrômetro de infravermelho específico para a determinação do grau de torra e criou discos cobertos por tintas coloridas conforme os padrões definidos na escala. Assim, a SCAA universalizou o controle da torra através de comparações visuais usando esses discos coloridos como também por espectroscopia no infravermelho próximo (SCAA, 2008).

As características do café quanto à acidez, ao aroma e ao corpo em função dos graus de torra que influenciam no sabor da bebida. A formação da cor durante o processo de torração ocorre de forma gradativa e, essa relaciona as propriedades do grão à temperatura, à aparência, à perda de massa e ao número agtron. Para compreender como estão relacionados os padrões agtron com os estágios da torra, apresenta-se no Anexo 8 de forma condensada as informações de todos os estágios descritos por Melo (2004).

No Brasil, o grau de torra predominante é escuro em torno do número agtron 45. A forma da torra escura favorece as fraudes, pois encobre partículas de outros materiais, que torrados a ponto de carbonizar e misturados ao café em pó, não aparecem na fiscalização por métodos visuais (MELO, 2004). Para Casal (2004) a cor dos grãos, depois de torrados, é muitas vezes considerada um padrão de qualidade. Assim sendo, e atendendo aos diferentes tipos de torra praticados em cada país, pode-se esperar que "bom café" tenha um significado diferente para os consumidores de diferentes países.

Da Resolução SAA nº 37 merecem especial atenção, tanto dos produtores, como dos consumidores de café, os trechos que se referem ao café torrado em grão e café torrado e moído, especificamente às características físicas de qualidade e, as características sensoriais e qualidade global da bebida (Anexo 9).

Durante o processo da torra, a sacarose é rapidamente degradada e o seu conteúdo deixa vestígios num café torra média, as perdas chegam aos 98% (TRUGO;

MACRAE, 1984). Os açúcares redutores resultantes da hidrólise, glucose e frutose, são também rapidamente degradados. O material de alto peso molecular extraído com água quente de café grão cru e torrado diminui com o aumento do grau de torrefação (NUNES; COIMBRA (2001, 2002a, b). De acordo com Casal (2004) e Casal et al. (2001/2003) a sacarose, os açúcares redutores e outros produtos primários de degradação reagem, em seguida, de diferentes formas, por fragmentação, originando ácidos; por caramelização, formando inúmeros compostos heterocíclicos, caso do HMF (5-hidroximetilfurfuraldeído), alguns dos quais importantes para o aroma; por interação (CASAL et al., 2000/2003) com aminoácidos e proteínas originando melanoidinas e outros compostos de massa molecular menor.

Os polissacarídeos, componentes principais da parede celular, são relativamente estáveis a torra, sendo, no entanto, parcialmente despolimerizados, conduzindo à discreta diminuição da resistência da estrutura (BRADBURY; HALLIDAY, 1990; BRADBURY, 2001). Assim, se entende que o teor de fibra, principalmente hemicelulose, seja inversamente proporcional à temperatura de torra (CASAL, 2004).

Por sua vez, a fração lipídica é pouco afetada pela torra embora se verifique alguma isomerização dos ácidos graxos (CASAL; OLIVEIRA; FERREIRA, 1997). A maioria dos lípidos está localizada no interior da estrutura celular do grão. Para as torras mais intensas, ocorre quebra dessa estrutura celular podendo os lípidos migrar para a superfície onde, para além de darem um aspecto lustroso e brilhante ao grão, ficam inevitavelmente mais expostos à oxidação (CASAL, 2004).

No caso dos triglicerídeos, estes são pouco afetados pela torra, exceto uma ligeira hidrólise, com libertação de ácidos graxos livres (CASAL; OLIVEIRA; FERREIRA, 2000). Estes, por isomerização e oxidação, podem originar compostos voláteis (ILLY, 1995). Segundo Casal (2004) a fração esteróica também parece ser pouco alterada, entretanto, os diterpenos, com a exceção do 16-o-metilcafestol, são parcialmente degradados.

Entre os atributos mais importantes na qualidade da infusão cita-se o *flavour* (sabor), atributo de difícil apreciação e que advém da conjugação do aroma (compostos voláteis) e do seu sabor (fundamentalmente compostos não voláteis). A sensação de "corpo" também é importante, bem como o aspecto e persistência da espuma num café expresso (NUNES et al., 1997).

O aroma é particularmente importante porque é o primeiro estímulo sensorial que pode ser perceptível antes e durante a preparação da bebida, bem como durante o seu consumo (CASAL, 2004).

Ingrediente de intensidade e qualidade, o corpo, sensação de infusão fraca ou forte, intimamente relacionado com as propriedades reológicas do café, é muitas vezes utilizado pelo consumidor como padrão definidor de qualidade. Contudo, uma xícara de café fraco tanto pode ser derivada de um café que tenha um *flavour* fraco, como da utilização de uma menor quantidade de café por infusão. Na realidade, é preciso sempre considerar a maior ou menor riqueza de sólidos solúveis do lote de café utilizado (CORREIA; LEITÃO; CLIFFORD, 1995).

Independentemente da natureza dos cafés, a qualidade depende diretamente da sua composição química. Todos os atributos são consequência da presença de alguns componentes químicos, ou de combinações desses mesmos constituintes, em determinadas proporções (ICO, 1991; BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004/2008; TOCI; FARAH, 2008). Assim, se torna possível definir a qualidade do café, relacionando-a quer com a quantificação de determinados constituintes, quer pela ausência de outros (CASAL et al. 2000; CASAL; OLIVEIRA; FERREIRA, 2000; CASAL, 2004). Esta definição elimina os problemas associados à subjetividade da sensorial, dando uma maior objetividade à apreciação dos cafés. Entretanto, tal correlação requerer a análise de um número considerável de amostras de café e a quantificação de todos os componentes que contribuem para os vários parâmetros de qualidade sensorial. Visando maior exatidão nessa análise, a classificação por peneiras visa melhor qualidade do produto final, (NASSER; CHALFOUN, 2000) resultando maior uniformidade na torra.

4.7.3.2 Fatores que afetam a qualidade da bebida do café

O aroma e sabor do café é composto por uma mistura complexa de compostos em diferentes concentrações e diferentes poderes odoríficos (BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004). Muitos fatores podem afetar a qualidade da bebida e, especial

destaque deve ser dado aos fatores climáticos da região em que os cafés estão armazenados (MARTINS, 2003).

De acordo com a classificação sensorial, o café *C. arabica*, após a torração, não teve a qualidade da bebida alterada após os 150 dias de armazenamento, da mesma forma que a percepção do corpo da bebida não apresentou alterações (PÁDUA et al., 2002).

Para estudar os atributos sensoriais de diferentes amostras de café consumida no mercado brasileiro através de sua bebida, utilizando o método de avaliação sensorial em vigor (DELLA MODESTA et al., 2000) selecionaram provadores para desenvolver o perfil sensorial dos atributos de aroma e sabor, que concluíram que esse foi capaz de detectar diferenças na qualidade entre as amostras avaliadas.

O sabor doce desejável em cafés detectados pelo painel organolético da OIC é baseado na presença de açúcares dos grãos após a torração. Os cafés melhores possuem maiores teores de açúcares totais, fato verificado por Chagas et al. (1996), Silva et al. (2002) e Silva et al. (1999)

Visando o mercado de cafés especiais, novas variedades são inseridas objetivando qualidade de bebida. Neste sentido, Carvalho et al. (2000) analisando a qualidade do café, observaram durante a avaliação dos materiais, a ocorrência de xícaras irregulares em virtude da presença de grãos fermentados, provavelmente durante a secagem e de grãos com sabor de verde, mesmo secando apenas os cerejas, e concluíram que estes problemas prejudicaram claramente a performance de algumas variedades.

A Influência da idade da planta e da maturação dos frutos no momento da colheita (BORGES; JORGE; NORONHA, 2002), dos sistemas de colheita, métodos de preparo dos frutos do café, condições de secagem e armazenamento (BRANDÃO JUNIOR et al., 2002; BORÉM et al., 2008a, b, d; CORADI et al., 2008; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009) na qualidade do grão e da bebida do café tem sido questionada nas diferentes regiões cafeeiras.

Em relação à qualidade da bebida, a melhor qualidade pode ser relacionada à menor umidade relativa do ar e aos sistemas de colheita de derriça no pano, em virtude da influência da alta umidade relativa do ar aliada à alta temperatura, são condições desfavoráveis à obtenção de um bom produto (CARVALHO; CHAGAS; SOUZA, 1997;

CORTEZ, 1997/1999/2001; CARVALHO, 2000; THEODORO, 2001; MALTA et al. 2002; MARTINS, 2003; CHAGAS; MALTA; PEREIRA, 2005; REINATO, 2006).

Devido ao número de atributos em questão e à subjetividade de provadores e consumidores, tem sido difícil estabelecer uma definição de qualidade de café (MONTEIRO, et al., 2005). Desta forma, vale ressaltar que todas as considerações sobre consumo e a qualidade do produto são feitas para trazer à memória a importância das principais sensações induzidas no consumidor, que o induzem a uma ou outra marca de café no momento da compra (ABC, 2008). De extrema importância para definir o padrão de qualidade de um café comercial destaca-se a percepção da fragrância de bebida e do aspecto do líquido (cor, brilho, turbidez), que antes mesmo de chegar à boca já influenciou a percepção do consumidor sobre o café que será bebido. Todo o trabalho do campo, da indústria e do comércio é considerado no momento da apreciação da xícara de café pelo consumidor é o rol de sensações, pois, o bom café não deve deixar um gosto ruim na boca após o seu término (BASCA 2010). A sensação desagradável (retrogosto, sabor residual ou aftertaste) é um dos principais aspectos degradantes da imagem de qualidade de uma marca de café (BASCA 2001).

4.8 Aspectos físico-químicos, bioquímicos e fisiológicos do café

4.8.1 Considerações gerais

O grão de café é uma mistura complexa de diversos compostos. Tem sua composição química determinada, por fatores genéticos, ambientais e culturais (MALTA et al., 2003) e, sua qualidade afetada diretamente, pelo método de plantio e manejo da lavoura (ANDRADE et al., 2003), processamento, secagem, armazenamento (PIMENTA et al., 2004; SANTOS, et al., 2007; BORÉM, 2008; CORADI et al., 2008; SANTOS, et al., 2009) e torrefação (VILAS BOAS et al., 2001).

Sob visão econômica e fisiológica do grão de café, o endosperma, é a parte mais importante (OTANI et al. , 2001; GOULART et al., 2007), e tem sido objeto de estudos devido à composição química (VIDAL, 2001; TURATTI; LUCCAS, 2001; SILVA et al. 2001; BRANDÃO Jr. et al. 2002; LI; STEFFENS, 2002; MALTA et al., 2003; SELMAR et al., 2004; ROSA et al., 2005; TOCI et al., 2006; BYTOF et al., 2007; LIMA, 2007; SANTOS et al.,2007; MARQUES, et al 2008; PIMENTA et al., 2008; SANTOS et al., 2009; BORÉM et al., 2008b; SAATH et al., 2010).

O fruto de café, além da água, tem em sua composição, grande variedade de minerais, carboidratos, ácidos, aminoácidos, proteínas, lipídeos, cafeína, vitaminas, fenóis, enzimas, entre outros (NKANG et al., 2000; TURATTI e LUCCAS, 2001; PIMENTA et al., 2004; TOCI et al., 2006; PIMENTA et al., 2008; OLIVEIRA; AGOSTINI, 2009). Muitos desses constituintes impõem resistência ao tratamento térmico, sendo precursores de qualidade e contribuintes de gosto para bebida (LOPES et al., 2000; ILLY, 2002). A presença desses compostos no café cru pode servir de padrões na avaliação da qualidade (ICO, 1991).

A interação entre os muitos constituintes durante o processo de torrefação é responsável pelo sabor e aroma característicos do café, que, por sua vez orientam a forma de consumo mais adequada. Quimicamente componentes voláteis e não voláteis, entre outros, são responsáveis, pela aparência do grão torrado, sabor e aroma característico das bebidas (VILAS BOAS et al., 2001; MAZZAFERA et al., 2002; MALTA et al., 2003; PIMENTA et al., 2008; RESENDE et al., 2009). Geralmente, os cafés naturais originam bebidas mais encorpadas e doces, em relação aos cafés despulpados, os quais possuem acidez mais desejável (ILLY; VIANI, 1995).

Presentes na forma de carboidratos, lipídios e proteínas, estas substâncias podem sofrer transformações, durante o processamento (SELMAR et al., 2004; SILVA, et al. 2004; BYTOF et al., 2007), as quais podem ser potencializadas no armazenamento, devido aos processos de respiração, oxidação e fermentações do produto (OLIVEIRA et al., 2001; SILVA et al. 2001; VIDAL, 2001; EMBRAPA, 2003; PIMENTA et al. 2004; YEN et. al., 2005; CORADI et al., 2008; PIMENTA et al., 2008; SANTOS et al. 2009). Minimizar situações adversas às alterações sensoriais indesejáveis torna-se grande desafio para pesquisadores, técnicos e produtores.

Diante das divergências em relação à composição química do café, a ABIC (2005) listou para o café beneficiado grão cru, a concentração (gramas em base seca), das principais frações, sendo, carboidratos 50-60 (45% de polissacarídeos), lipídios 10-16, proteínas 11, ácidos clorogênicos totais 6-10, alifáticos 1, quínico 0,4, lignina 3, pectina 2, cafeína 1-2 e trigonelina 0,5-1. As concentrações para os cafés arábica e robusta averiguados por Monteiro e Turgo (2008) corroboram com esses valores.

4.8.2 Lixiviação de Potássio e Condutividade Elétrica

Grãos com membranas celulares desorganizadas e/ou danificadas lixiviam maior quantidade de solutos, conseqüentemente, apresentam elevados valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio (PÁDUA et al., 2002a; NOBRE et al. 2007), de acidez graxa (PIMENTA et al., 2000; GOULART et al., 2007; MARQUES et al., 2008; SAATH et al, 2009), indicando perda de qualidade (LIMA et al., 2004; KNOPP et al., 2006) principalmente durante o armazenamento (CORADI et al., 2008) e devido a danos mecânicos (AFONSO JÚNIOR et al., 2003; GONELI et al., 2007). Maiores danos no sistema de membranas foram constatados com o aumento da temperatura de secagem (CORADI et al., 2007; BORÉM et al., 2008b; MARQUES et al., 2008; SAATH et al., 2010). Grãos danificados constituem excelente substrato para o desenvolvimento de microorganismos que aceleram a deterioração da semente (CARVALHO; CHALFOUN, 1985; CHALFOUN; PARIZZI 2008).

De acordo com Pimenta et al. (1997) os cafés de melhor qualidade, que são colhidos no estágio de maturação cereja, apresentam menos grãos defeituosos e menores taxas de lixiviação de íons de potássio, pelo fato desses grãos apresentarem as paredes celulares menos deterioradas e, conseqüentemente, menor saída desses íons do interior das células. Conforme Chagas et al. (2005), os grãos de café, isentos de defeitos, cujas membranas celulares sofreram menos injúrias, podem possibilitar uma bebida de melhor qualidade.

Segundo Goulart et al. (2003), estas variáveis podem ser utilizadas para separar cafés de bebidas estritamente mole, mole e apenas mole das bebidas dura, rio e

riado. Os os índices de LK e CE aumentaram com a redução da qualidade dos cafés analisados.

4.8.3 Acidez titulável e pH

A qualidade do café é assunto de diversas pesquisas, buscando correlacionar a composição dos grãos durante sua formação e maturação com a qualidade da bebida. Eventuais transformações dos frutos de café, como as fermentações indesejáveis que ocorrem na pré ou pós-colheita, originando defeitos, refletem negativamente no pH (SIQUEIRA; ABREU, 2006) e por consequência na acidez (JÚNIOR et al., 2002; PIMENTA et al., 2008).

De acordo com Siqueira e Abreu (2006) a acidez percebida no café é um atributo importante para análise sensorial do produto, sabendo que sua intensidade varia em função do estágio de maturação dos frutos, local de origem, tipo de colheita, forma de processamento, tipo de secagem e condições climáticas durante a colheita e secagem.

Pesquisas tem apontado uma correlação inversa entre a qualidade global, de sabor e de sabor residual das bebidas e a acidez titulável e teor de ácidos clorogênicos de café beneficiado grão cru indicando que grãos contendo alto teor acidez apresentaram qualidade de bebida inferior (SIQUEIRA; ABREU, 2004; FARNEZI et al., 2010)

A perda da qualidade do café é relacionada não ao índice do pH, e sim a elevação da acidez, a qual estaria associada a inúmeros fatores, entre eles, número de grãos defeituosos (BRANDÃO JÚNIOR et al., 2002; FRANCA et al., 2005).

Diferentes estádios de maturação (PIMENTA et al., 2001; SIQUEIRA; ABREU, 2006), métodos de processamento (VILLELA, 2002; LELOUP et al., 2004), fermentação durante o processo de secagem (GUIMARÃES et al., 2002; REINATO, 2006), bem como, elevação da temperatura (BRANDÃO JÚNIOR et al., 2002; CORADI et al., 2008) vem sendo apontados como responsáveis pela variação de acidez dos grãos de café.

O café armazenado em coco apresenta menores índices de acidez titulável em relação ao café armazenado beneficiado (CARVALHO et al., 1997). Conforme Villela (2002), Siqueira e Abreu (2006) e Borém (2008) os valores de acidez titulável de café processado por via seca são significativamente maiores quando comparados aos obtidos em cafés pergaminho. Em geral, os cafés naturais, proporcionam bebidas mais encorpadas e amargas, enquanto as de cafés despulpados são mais ácidas (BORÉM, 2008).

Segundo Carvalho et al. (1994), a acidez de café beneficiado grão cru tem relação inversa com a qualidade do café, pois, detectaram maior acidez em cafés de pior qualidade. De acordo com Siqueira e Abreu (2006) a acidez tem um valor mais baixo para o café beneficiado grão cru que no café torrado e, Casal (2004) ressalta que a acidez do café depende também do grau de torra. Segundo Ortolá et al. (1998) a acidez é sempre mais elevada na *C. arabica*, exceto para torras mais escuras em que as diferenças são mínimas.

Considerando o pH, este é um parâmetro de muita importância na aceitação do produto pelo consumidor. Para café beneficiado grão cru os valores de pH encontram-se na faixa de 5,30 a 5,90 (OIC, 1992; BARRIOS, 2001; SIQUEIRA; ABREU, 2006). Quanto ao tipo de processamento, o valor de pH do café natural é maior em relação ao café despulpado (SIQUEIRA; ABREU, 2006).

Os valores do pH sofrem variações durante o processo de torrefação e quando a torração superar o pH ideal, a bebida do café pode apresentar-se com ligeiro excesso de amargor ou acidez. O pH permanece constante na fase da torra correspondente à secagem dos grãos. A partir desse ponto, o pH diminui até atingir um valor mínimo, aumentando em seguida (FRANCA et al., 2001). Este comportamento deve-se à volatilização de parte dos ácidos formados (BALZER, 2001). O pH do extrato pode variar entre 4,9 e 5,7 conforme a torra (CASAL, 2004), porém, o pH ideal para um café bebida palatável deve estar entre 4,95 a 5,20, dessa forma, esse se apresentará sem excesso de amargor ou acidez (SIVETZ; DESROSIER, 1979).

4.8.4 Carboidratos totais, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores

Os carboidratos, além de suas funções estruturais, de reserva e proteção nas plantas, são amplamente empregados pelo homem. Nas sementes, esses são utilizados como fonte de energia e carbono (BUCKERIDGE et al., 2004). São classificados em função do número de átomos de carbono que possuem. De acordo com Martins et al. (2005) podem ser agrupados em monossacarídeos (glicose e frutose), oligossacarídeos (sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), maltose e lactose) e polissacarídeos (moléculas de glicose - amido e celulose).

Segundo Martins et al. (2005) e HINCHA et al. (2006, 2007), os monossacarídeos são as moléculas dos carboidratos (carboidratos simples), as quais são relativamente pequenas e solúveis em água, com fórmula geral $C_n(H_2O)_n$, onde n geralmente varia de 3 a 7. Os monossacarídeos mais comuns são as pentoses e as hexoses (glicose, frutose e galactose), respectivamente com 5 e 6 átomos de carbono em suas moléculas. Geralmente, esses têm sabor adocicado, sendo as pentoses e hexoses os mais importantes, devido à estrutura não sofrer hidrólise (glicose, frutose, galactose e manose). Já, os dissacarídeos, são açúcares constituídos, por ligação glicosídica de 2 monossacarídeos com desprendimento de uma molécula de água (síntese de desidratação). Esses têm moléculas relativamente pequenas, solúveis em água, razão pela qual interferem, assim como os monossacarídeos, no equilíbrio osmótico das células, também, considerados a principal forma de transporte dos carboidratos. Por sua vez, considerados enérgicos ou estruturais os polissacarídeos, são carboidratos formados pela união de mais de dez moléculas monossacarídeas, constituindo, um polímero de monossacarídeos, geralmente de hexoses, formados pela hidrólise. Esses açúcares são insolúveis em água, não alteram o equilíbrio osmótico das células e prestam-se à função de armazenamento (HINCHA et al., 2007).

Os açúcares solúveis representam uma pequena porcentagem entre os carboidratos presentes nas sementes, destacando-se a glicose, frutose, manose e galactose, a sacarose e oligossacarídeos da série rafínosica. Estes, além de atuarem como reservas de utilização rápida constituem importante proteção, limitando os danos causados pela dessecação em sementes maduras (BUCKERIDGE et al., 2000). Dos solúveis, a sacarose, é o

açúcar mais abundante em plantas, e devido à sua estabilidade estrutural e solubilidade em água, são os principais carboidratos translocáveis nas plantas (DIETRICH et al., 1988; LAGO et al., 2002). Importante ressaltar que todos os açúcares monossacarídeos e dissacarídeos são solúveis. Formados pela glicose, frutose e manose, os monossacarídeos por apresentarem grupamentos aldeídicos são açúcares redutores e a sacarose é um dissacarídeo não redutor.

Diversos açúcares de baixo peso molecular estão presentes no café beneficiado grão cru, os quais contribuem com a doçura da bebida, sendo considerado um dos atributos de sabor mais desejáveis nos cafés especiais, e participam de importantes reações (PEREIRA et al., 2002; CORADI et al., 2007; MARQUES et al., 2008). Maiores concentrações de açúcares no grão cru permitem um aumento na participação destes compostos nas reações do processo de torração (MENDONÇA et al., 2007). Entre esses, a sacarose, destaca-se em maior quantidade e seu conteúdo pode variar entre espécies, origem e tipo de processamento (LAGO et al., 2002). Por sua vez, de acordo com Salva e Lima (2007) diferentes concentrações de carboidratos podem explicar diferenças encontradas entre as bebidas de café natural e pergaminho.

Associadas à respiração a degradação da glicose livre e frutose podem ser consideradas as responsáveis pelas variações na composição química e em consequência as características sensoriais (LELOUP et al., 2004; BORÉM, et al., 2008d). Ainda é questionada a concentração e tipo ideal de açúcar no café beneficiado grão cru exerce maiores influências na qualidade da bebida (SALVA; LIMA, 2007). De modo geral, o teor de açúcares solúveis totais livres do grão beneficiado, encontra-se numa faixa de 5 a 10% (VILAS BOAS et al., 2001; PIMENTA; VILELA, 2002; BORÉM, et al., 2008a). Barrios (2001), Pinto (2002) e Villela (2002) afirmam que em cafés considerados bebida mole, apenas mole e estritamente mole estes estão entre 8,6 e 10% e Abrahão et al. (2009) observaram teores de açúcares solúveis totais em café cereja, valores de 7,06 a 7,71%.

O teor dos açúcares redutores (glicose, frutose e manose) está presente em menores quantidades (TRESSL et al., 1983; ROGERS et al., 1999; COELHO; PEREIRA, 2002; PIMENTA; VILELA, 2003; RIBEIRO et al., 2003; SILVA et al., 2004; BORÉM et al., 2006; BORÉM et al., 2008c, 2008d; ABRAHÃO et al., 2009) pois, predominam o não-redutores (sacarose). A concentração de sacarose pode variar de 1,9 a 10% na matéria seca

(GUIMARÃES, 2000; VILAS BOAS et al., 2001; LIMA et al., 2001; PEREIRA et al., 2002; LIMA, 2005; KNOPP et al., 2006; MENDONÇA et al., 2007).

Quantitativamente o total de carboidratos representa entre 50 e 60%(bs) do café verde (ABIC, 2005), de composição complexa, participam poli- oligo- e monossacarídeos, subdivididos em açúcares redutores (glicose, frutose) e não-redutores (sacarose) (MENDONÇA et al., 2007). Termicamente, os polissacarídeos presentes no grão cru são bastante estáveis, já os monossacarídeos são instáveis. Durante a torração, parte dos monossacarídeos é degradada, sendo, a sacarose transformada em produtos caramelizados, que são os responsáveis pela cor marrom do café torrado. Entretanto, a estabilidade dos polissacarídeos não implica que permaneçam intactos à torração (VILAS BOAS et al., 2001), sendo a concentração dos carboidratos dependente do grau de torra (PÁDUA et al., 2002). Em café beneficiado grão cru ou torrado, de acordo com Flament (2002), a quantificação de açúcares é complicada, bem como, os resultados difíceis de serem comparados, em razão da baixa permeabilidade dos tecidos do grão e a formação de produtos secundários durante a extração.

Em resumo, as variações nos teores de açúcares podem ocorrer em função do estágio de maturação (PIMENTA et al., 2000; CAMPA et al., 2004), regiões de cultivo (CHAGAS et al., 1996a) e o grau de torra dos grãos (VILAS BOAS et al., 2001) definem a concentração de carboidratos. Entretanto, as operações pré e pós-colheita, tipos de processamento e métodos de secagem dos grãos, também exercem influência no teor desses açúcares (LOPES et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2002; CARVALHO JUNIOR et al., 2003; KNOPP et al., 2006; CORADI et al., 2007; BORÉM et al., 2008c; MARQUES et al., 2008; SANTOS et al., 2009; KLEINWÄCHTER; SELMAR, 2010).

4.8.5 Lipídios

Lipídios são biomoléculas com estrutura diversa e desempenham complexas funções biológicas, atuando em muitas etapas cruciais do metabolismo e na definição das estruturas celulares (LEHNINGER et al., 2006). Moléculas como as gorduras e

óleos, fosfolipídios, esteróides e carotenóides diferem grandemente, tanto em suas estruturas como em suas funções (TAIZ; ZIEGER, 2004).

Os lipídios são compostos orgânicos heterogêneos, funcionam como reserva de energia e manutenção dos processos celulares vitais, caracterizam-se pela alta solubilidade em solventes orgânicos apolares e baixa solubilidade em água (TAIZ; ZIEGER, 2004). Participam como componentes não-protéicos das membranas biológicas, precursores de compostos essenciais, agentes emulsificantes, isolantes, vitaminas (A, D, E, K), fonte e transporte de combustível metabólico, além de componentes de biossinalização intra e intercelular (HORTON et al., 2002; MORAN et al., 2005; LEHNINGER et al., 2006; VOET et al., 2006).

Com relação à produção de lipídios pelas plantas, (TAIZ; ZIEGER, 2004) existem dois tipos de biossínteses. Os gliceropídeos polares que formam as bicamadas lipídicas das membranas celulares, e os triacilgliceróis que são os óleos e gorduras de estocagem.

Nos vegetais eles estão em proporções de 2-50%, da matéria seca (MARCOS FILHO, 2005) sendo os de reserva, a maioria (BUCKERIDGE et al. 2004). Também, em baixa proporção encontram-se as substâncias lipofílicas como álcool de ácidos graxos, ácidos graxos livres, vitaminas e fitoesteróis (ALVAREZ; RODRIGUEZ, 2000; LEHNINGER, et al., 2006). Muitas delas são os responsáveis pelas atividades cosméticas e farmacêuticas desses óleos (BEVERIDGE et al., 1999; WAGEMAKER, 2009).

Os lipídios presentes nos vegetais encontram-se, com mais frequência, nas sementes, frutos, folhas, e em menor proporção, em raízes, caules e flores. Lipídios de reserva são formas importantes de armazenamento de carbono em muitas sementes, principalmente, angiospermas (VOELKER; KINNEY, 2001; BUCKERIDGE et al., 2004). Nas nozes representam 80% do total da matéria seca (VIEIRA, 2006). Os lipídios são estocados na forma de triacilgliceróis e são hidrolisados a ácidos graxos e glicerol, por lípases (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Folstar (1985) no café os lipídios estão presentes, substancialmente, no endosperma e pequena quantidade de ceras encontra-se na camada externa do café beneficiado grão cru, principalmente os triglicerídeos (75,2%), ésteres de álcoois diterpênicos e ácidos graxos (18,5%), álcoois diterpênicos (0,4%), ésteres de esteróis

(3,2%), esteróis (2,2%), tocoferóis (0,05%), fosfatídeos (0,1 a 0,5%) e derivados de triptamina (0,8%).

Por sua composição, os lipídios, são componentes importantes da bebida e do aroma do café (AFONSO JÚNIOR, 2001; VIDAL, 2001). Estes são expelidos para a camada de superfície do grão no processo de torrefação, e pela proteção mecânica, protegem estruturas internas, formando uma camada, impedindo a volatilização de aromas e a perda imediata destes, ficando os compostos retidos na estrutura celular dos grãos torrados (CLIFFORD; WILSON, 1985; PIMENTA, 2003).

No café, a fração lipídica contribui com 10 a 15% em peso seco, e pode ser uma fonte alternativa de triglicerídeos (EMBRAPA, 2003). A reserva de lipídios pode ser visualizada como numerosas gotas esféricas no interior das células, quando estas estão ainda preservadas (GOULART et al., 2007; BORÉM et al., 2008b).

Outros lipídios também, participam de papéis importantes como cofatores enzimáticos, carregadores de elétrons, pigmentos, agentes emulsificantes, hormônios e mensageiros intracelulares (LEHNINGER, et al., 2006).

Ainda, algumas das reações oxidativas na degradação dos lipídios produzem radicais livres e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), espécies químicas muito reativas que podem lesar a estrutura celular. Para proteger a célula de subprodutos destrutivos, tais reações são segregadas dentro de pequenas vesículas envoltas por membrana, chamadas peroxissomos. O peróxido de hidrogênio é degradado pela catalase, uma enzima presente em altas concentrações nos peroxissomos, que catalisa peróxido de hidrogênio em água e O_2 (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007).

4.8.5.1 Triacilgliceróis ou Triglicerídeos (TAGs)

Os TAGs são ésteres de ácidos graxos com o glicerol. A porção ácido graxo presente nos ésteres lipídicos, acila, e o número de grupos hidroxila do glicerol esterificados com ácidos graxos definem os compostos conhecidos como mono-, di- e triglicerídeos. São os lipídios mais abundantes no transporte e armazenamento de ácidos

graxos. Os ácidos graxos presentes nos triacilgliceróis naturais podem ser iguais (triacilgliceróis simples) ou diferentes (triacilgliceróis mistos) (LEHNINGER et al., 2006).

Nas plantas, os triacilgliceróis constituem uma importante reserva de energia em frutas e sementes. Estes ésteres possuem longas cadeias carbônicas ligadas ao glicerol, que através da hidrólise ácida libera os ácidos graxos correspondentes e o álcool (glicerol). Conhecidos como gorduras neutras, essas moléculas contêm consideráveis quantidades de ácidos graxos insaturados (oléico e linoléico) (LEHNINGER et al., 2006). Na maioria das sementes os TAGs são armazenados no citoplasma das células do cotilédone ou endosperma, em organelas conhecidas como corpos lipídicos, oleossomos ou esferossomos (TAIZ; ZIEGER, 2004) durante a fase de maturação do embrião e/ou do endosperma (VIEIRA, 2006).

4.8.5.2 Ácidos Graxos

Os ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos de longas cadeias de hidrocarbonetos acíclicas, apolares, sem ramificações e, em geral, número par de átomos de carbono. Podem ser saturados, monoinsaturados (contém uma ligação dupla) ou poliinsaturados (contém duas ou mais ligações duplas). Substância composta de uma molécula de glicerina e três moléculas de ácidos graxos cujo comprimento da cadeia carbônica e o grau de insaturação determinam suas propriedades físicas e químicas. Os insaturados são convertidos em saturados através da hidrogenação catalítica, processo denominado redução (LEHNINGER et al., 2006).

Os mais abundantes contêm C_{16} e C_{18} átomos. Em geral, as duplas ligações nos ácidos graxos poliinsaturados estão separadas por um grupo metileno, para evitar a oxidação quando expostos em meio contendo oxigênio (MORAN et al., 2005; LEHNINGER et al., 2006; VOET et al., 2006).

Como as ligações duplas são estruturas rígidas, as moléculas que as contêm podem ocorrer sob duas formas isoméricas: *cis* e *trans*. Os isômeros *cis* ocorrem na

maioria dos ácidos graxos naturais (MORAN et al., 2005; LEHNINGER et al., 2006; VOET et al., 2006).

As estruturas e nomes de alguns ácidos graxos, em geral, são representados por um símbolo numérico que designa o comprimento da cadeia. Os átomos são numerados a partir do carbono da carboxila. A numeração 16:0 designa um ácido graxo com C_{16} sem ligações duplas, enquanto 16:1^{Δ9} representa um ácido graxo com C_{16} e ligação dupla em C_9 . Os átomos C_2 e C_3 dos ácidos graxos são designados α e β , respectivamente (LEHNINGER et al., 2006).

Os ácidos graxos são componentes importantes de vários tipos de moléculas lipídicas. Esses são fontes de energia importantes para os tecidos vegetais. As plantas precisam sintetizar ácidos graxos poliinsaturados para assegurar a fluidez de suas membranas em baixas temperaturas (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007).

A maioria dos ácidos graxos é sintetizada pelo organismo humano, entretanto, os poli-insaturados não podem ser sintetizados. Assim, os ácidos graxos essenciais (ácido linoleico e linolênico), estes são obtidos sob dieta (ROCKENBACH et al., 2010). Estes ácidos são precursores para a biossíntese de vários metabólitos importantes (LEHNINGER et al., 2006).

Os ácidos graxos constituem as unidades básicas dos lipídios e sua determinação é fundamental para o conhecimento da qualidade dos óleos. Quando extraídos podem ser utilizados como alimento, fármacos ou transformados em biocombustíveis (RADMANN et al., 2008). Estudos têm revelado que os ácidos graxos essenciais, linoléico e linolênico, apresentam efeitos em diversos processos fisiológicos na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, aterosclerose, trombose, hipertrigliceridemia, hipertensão, diabetes, artrite, outros problemas inflamatórios e câncer (SALEM et al., 1996; UAUY; VALENZUELA, 2000).

Os TAGs de muitas sementes contém alguns grupos acil que são encontrados na membrana lipídica, correspondendo predominantemente aos ácidos palmítico ($C_{16:0}$), esteárico ($C_{18:0}$), oléico ($C_{18:1}$), linoléico ($C_{18:2}$), e linolênico ($C_{18:3}$) (VOELKER; KINNEY, 2001; ROCKENBACH et al., 2007).

A composição em ácidos graxos dos alimentos é de grande importância, principalmente os poliinsaturados das famílias ômega-3 e ômega-6, aos quais se

atribuem numerosos benefícios ao organismo humano. Segundo Alvarez e Rodriguez (2000) os ácidos graxos insaturados, como ácido linoleico e linolênico, proporcionam boa emoliência; o ácido palmítico protege as células epiteliais contra peroxidação e o ácido oleico apresenta excelente estabilidade oxidativa em formulações cosméticas. Este ácido graxo também apresenta importância em termos nutricionais e na estabilidade oxidativa de óleos (APARÍCIO et al., 1999).

Dos AG poliinsaturados, o mais importante da família ômega-6 é o ácido linoleico (C_{18:2}), encontrado em maior ou menor abundância em óleos vegetais como de girassol, milho, soja e algodão (ROCKENBACH et al., 2010). É precursor do ácido araquidônico (C_{20:4}, ômega-6), no qual é transformado no organismo jovem, através de processo metabólico que permite o alongamento da cadeia de carbono e a dessaturação adequada (WAGEMAKER, 2009; ROCKENBACH et al., 2007).

Alimentos ricos em óleos e gorduras contendo ácidos graxos saturados com cadeias de 12 a 16 carbonos devem ser consumidos em pequena quantidade, em função a possíveis danos a saúde. Segundo Schaefer et al. (2000) e Schaefer (2002) o consumo abusivo desses, aumenta a lipoproteína de baixa densidade (LDL) trazendo risco de doenças cardiovasculares. Desta forma, cientificamente, um menor teor de ácido palmítico presente nos grãos de cafés, provavelmente, possibilita uma bebida mais saudável.

Do ácido graxo essencial α -linolênico (C_{18:3}, w-3), por alongamento e dessaturação, são gerados os ácidos eicosapentaenóico (EPA - C_{20:5} w-3) e docosaexaenóico (DHA - (C_{22:6} w- 3) (BELDA; POURCHET-CAMPOS, 1991) e, do ácido graxo essencial linoléico pode originar o ácido araquidônico (LIRA et al., 2004). O ácido araquídico é um ácido graxo saturado, formada por uma molécula de 20 carbonos (C_{20:0}) que aparece em quantidade considerável no óleo de café, provavelmente, em função de sua composição, auxilia a estabilidade oxidativa de produtos, elaborados a partir de gordura hidrogenada, por exemplo, sorvetes. Os ácidos ácido linoleico e ácido α -linolênico segundo Carvalho et al. (2003) e Lima et al. (2004) esses ácidos são essenciais, pois participam do grupo ômega e não podem ser sintetizados pelos tecidos dos mamíferos. Os ácidos graxos linoléico e α -linolênico tem atuação protetora contra o envelhecimento. (GONÇALVES, 2000; LIRA et al., 2004) e, são essenciais às membranas e aos fosfolipídios existentes no organismo, entre outros (CURI

et al., 2002). Assim, aos olhos da indústria farmacêutica e cosmética o óleo como elevado teor de ácido é interessante.

Em pequenas proporções o ácido láurico, também, participa da composição dos ácidos graxos nos óleos dos cafés. De maneira geral, as gorduras láuricas são resistentes à oxidação não enzimática e ao contrário de outras gorduras saturadas, elas têm temperatura de fusão baixa e bem definida (ROBINSON, 1991). No café, em função das suas propriedades físicas e de resistência à oxidação, o ácido láurico, além, da participação no preparo de gorduras especiais para confeitaria, sorvetes (SOARES; FRANCO, 1990; HAUMANN, 1992; LAWSON, 1995), também, conquistou seu espaço na indústria de cosméticos (ALVAREZ e RODRIGUEZ, 2000) e produtos específicos (MACHADO et al., 2006).

Considerando a composição de ácidos graxos nas sementes de café arabica, a maior amplitude de variação tem diversas causas, entre eles, o fator genético (WAGEMAKER, 2009), a temperatura tem sido identificada como o mais importante fator que influencia na biossíntese de ácidos graxos poliinsaturados (NYANZI et al., 2005).

Oliveira et al. (2005) estudaram as diferenças na composição dos ácidos graxos de grãos de café arabica, com e sem defeitos, porém, não encontraram diferenças significativas entre os mesmos. Como principais ácidos graxos do óleo de café, estes obtiveram os ácidos linoleico e palmítico, seguidos moderadamente pelo oleico (9%) e esteárico em (7%) e pequena quantidade de ácido araquídico (3%), ácido linolênico (1,5%), ácido behênico (0,7%) e ácido eicosenóico (0,3%).

Diante da importância dos ácidos graxos, especialmente, os poliinsaturados, quanto maior a quantidade de ácido linoleico em relação ao oleico, melhor é a qualidade do óleo do endosperma dos cafés. Nos alimentos, de acordo com Lira et al. (2005) o ácido linoleico se destaca em função de sua digestibilidade. No óleo de café, o ácido graxo insaturado que aparece em maior proporção é o ácido linoleico (WAGEMAKER, 2009). Acredita-se ser este o principal fator de interesse dos estudos relacionados a ácidos graxos nos últimos anos.

Dentre os muitos ácidos graxos, oito comumente são encontrados nos lípidios de reserva da maioria das sementes oleaginosas: láurico (12:0), mirístico (14:0), palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2), linolênico (18:3) e erúico

(22:1) (FOLSTAR, 1985). Para o mesmo autor, no óleo de *Coffee arabica*, os principais componentes dos ácidos graxos descritos por este autor são: mirístico (0,2%), palmítico (35,2 a 36,7%), esteárico (7,2 a 9,7%), oléico (9,5 a 11,9%), linoleico (41,2 a 42,6%), linolênico (1,3 a 2,7%) e araquídico (0,3 a 1,5%).

Lago (2001) atribui às divergências em relação à composição dos ácidos graxos no grão de café cru às diferenças à diversidade de materiais estudados. A variedade *arabica* contém de 12 a 18% e a *robusta* de 9 a 14% (TURATTI, 2001; VIDAL, 2001), sendo que a maior parte desses óleos é constituída por ácido palmítico (34,5%) e linoléico (40,3%) (FOLSTAR, 1985; SZPIZ et al., 1989; TURATTI, 2001; VIDAL, 2001; WAGEMAKER, 2009).

Os ácidos graxos saturados com dez ou mais átomos de carbono são sólidos em temperatura ambiente. Todos os insaturados são líquidos nesta temperatura. Uma das mais importantes reações dos ácidos graxos é a formação de esteres. As alterações químicas ocorridas no óleo têm duas origens principais: hidrolítica ou oxidativa. A oxidativa degrada a cadeia de ácido graxo, dando origem a outros compostos (FOURNY et al., 1982). As alterações em função da hidrólise levam à liberação de ácidos graxos, que é indicado pelo aumento da acidez. Com o tempo este índice sofre modificações (MAIER, 1981; SPEER et al., 1993).

Um alto teor de ácidos graxos livres é um indicador de baixa qualidade do produto (ARAÚJO, 2004; O'BRIEN, 2004; CORADI et al., 2007). Os AG aumentam com a elevação da temperatura de secagem (JHAM et al., 2000; AFONSO JÚNIOR, 2001; BORÉM et al., 2008c; MARQUES et al., 2008) e, ao longo do armazenamento independente do tipo de processamento (AFONSO JÚNIOR, 2001; KURZROCK et al., 2004; CORADI et al., 2008;), entretanto, a liberação dos AG não é uniforme e a degradação se dá de forma diferenciada de um ácido para outro (VIDAL, 2001; CORADI et al., 2008). Segundo Quast e Aquino (2004), a oxidação dos lipídios em café causa importantes modificações em seu sabor e odor, que provocam perda de qualidade do produto.

4.8.6 Fibras

As paredes celulares de plantas são as maiores fontes de fibras. Estes compostos influenciam a textura e a palatabilidade de alimentos (NEVES, 1997). Os polissacarídeos, celulose, hemicelulose, as substâncias pécticas, proteínas, lignina, água, cutina e suberina, assim como compostos inorgânicos na parede celular (GOODWIN; MERCER, 1982) podem variar com os processos pós-colheita. Essas alterações podem ser averiguadas com precisão pela caracterização química, estudando-se diferentes parâmetros que contribuem na perda da qualidade. A integridade da estrutura celular é a peça chave para manter a qualidade da bebida do café e a conquista de novos mercados. O tempo de armazenagem, que antecede a comercialização do produto, certamente sofre influência da oxidação, a qual causa alteração no sabor e aroma do café.

No conjunto de recomendações das práticas de manejo e preparo pós-colheita do café, destaca-se que o café colhido deve ser transportado imediatamente para o local de secagem, sem jamais ser amontoado. Tal recomendação necessita de dados científicos quanto ao grau de comprometimento da integridade estrutural das membranas celulares e da qualidade do café (PIMENTAL et al., 2004).

Durante as fases pré e pós-colheita há um contínuo metabolismo nos grãos de tal forma que tais mudanças químicas afetam o sabor do café. Algumas destas transformações bioquímicas podem degradar as paredes e as membranas celulares, conseqüentemente, alterar o teor de fibras nos grãos de café. No termo fibra bruta encontram-se as frações de celulose e lignina insolúvel, representando a grande parte da fração fibrosa dos alimentos (SILVA, 1990) e, supõe-se, influenciar de certa forma a qualidade, entretanto, no café tem recebido pouca atenção das pesquisas.

A fibra bruta (FB) é constituída principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, componentes da parede celular responsáveis pela sustentação vegetal. A lignina também está relacionada a mecanismos de defesa da planta. Por sua vez, a fibra em detergente neutro (FDN) é constituída basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada, e a fibra em detergente ácido (FDA) de celulose e lignina somente (SILVA, 1998).

Os frutos de café possuem muito pouco amido e alto conteúdo de polissacarídeos associados à parede celular, destes, a celulose e hemicelulose são encontradas em maior quantidade (WOLFRON; PATIN, 1964). Segundo Bewley e Black (1994), as hemiceluloses são insolúveis em água e, também, Reid (1985) podem servir como reserva, para o desenvolvimento das plântulas. Os polissacarídeos depositados como fontes de reservas na semente são degradados, durante a germinação pelas enzimas hidrolíticas, entre elas a celulase, resultando no enfraquecimento das paredes celulares do endosperma (SILVA et al., 2004).

Importante salientar que a degradação dos polissacarídeos pécticos, além de ser uma das principais causas do amadurecimento dos frutos, está relacionada à desintegração da parede celular, provocada pela ação de injúrias mecânicas, fisiológicas e microbianas (PINTO et al., 1991; PIMENTA et al., 2004).

A celulose um componente básico da parede celular e um dos compostos mais abundantes na natureza (MARCONDES et al., 1983), no café, encontra-se associada aos polissacarídeos hemicelulose, pectina e, lignina, dificultando a sua degradação (SALES et al., 2003), estando presente em toda a região do endosperma (TAKAKI; DIETRICH, 1980). A relação lignina/celulose determina a intensidade de degradação microbiana da parede celular (VAN SOEST, 1994).

Na definição dos diferentes padrões de qualidade, a análise sensorial pode induzir a erros e não permite diferir significativamente a classificação em relação à qualidade da bebida (SILVA et al., 2009), dessa forma, buscar conhecer a composição das fibras dos grãos de café e se a variação destas pode interferir na alteração da qualidade do café contribuirá com a busca de soluções para reduzir erros nas avaliações.

4.9 Proteínas

As enzimas são proteínas sintetizadas nas células de plantas, animais. Nas células vivas, ocorrem várias e ininterruptas reações que são catalizadas por enzimas, e estas têm como função acelerar a velocidade das reações químicas celulares. Em sua maioria,

as enzimas são proteínas com uma estrutura química espacial, contendo um centro ativo, denominado apoenzima e algumas vezes, um grupo não protéico, denominado coenzima. As enzimas exercem um papel importantíssimo no metabolismo celular. As reações enzimáticas são muito importantes em alimentos, pois delas dependem não só a formação de compostos altamente desejáveis, como podem ter conseqüências indesejáveis (ENZIMAS, 2009).

Substâncias sólidas, porém difíceis de serem cristalizadas devido à complexidade de suas estruturas químicas. Com algumas exceções, as enzimas são solúveis em água e álcool diluído e, quando em solução, são precipitadas pela adição de sulfato de amônio, álcool ou ácido tricloroacético. São inativadas pelo calor (MORAN et al., 2005; LEHNINGER et al., 2006; VOET et al., 2006). O uso de enzimas na indústria e biotecnologia vem proporcionando avanços na produção de novos compostos e novos conhecimentos, entretanto, acredita-se, que na manipulação, a temperatura é a propriedade mais importante desses compostos em relação à tecnologia e biotecnologia.

Nas sementes, as principais alterações relacionadas ao processo de deterioração são degradação e inativação de enzimas (COPELAND e MCDONALD, 2001), redução da atividade respiratória (VIDIGAL et al., 2008, 2009) e perda de integridade das membranas celulares (MCDONALD, 1999). Copeland e McDonald (2001) destacaram que para detectar o início da deterioração das sementes, as avaliações mais sensíveis são aquelas relacionadas à atividade de enzimas associadas à biossíntese em tecidos novos, uma vez que, com o processo de deterioração das sementes, as enzimas tornam-se menos eficientes para exercer sua atividade catalítica.

4.9.1 Atividade enzimática

A atividade de uma enzima é medida por meio de sua velocidade de reação, determinada em condições experimentais estabelecidas e é expressa em unidades de atividade. Nas reações, considera-se uma unidade de atividade como a quantidade de enzima que catalisa a transformação de um μmol do substrato por minuto em condições de ensaio definidas (LIMA et al., 2001).

Vários fatores podem influenciar na velocidade das reações enzimáticas; além da concentração de substrato e do pH, o efeito da temperatura, a atividade de água e pressão tem influência na velocidade das reações enzimáticas. Nas reações enzimáticas, a velocidade aumenta com a temperatura, até atingir uma velocidade máxima, a partir da qual começa a decrescer. Sob condições específicas a temperatura ótima para cada reação pode ser determinada (LIMA et al., 2001; LEHNINGER et al., 2006; ENZIMAS, 2009).

O efeito da temperatura é complexo e atribuído a várias causas. Inicialmente pelo aumento de temperatura, a atividade molecular aumenta, ampliando assim, a formação do complexo enzimático. Entretanto, a elevação contínua da temperatura poderá estimular uma inativação gradativa da enzima, até inativação total, originada pela desnaturação da proteína pelo calor. A temperaturas de sub-congelamento, as enzimas reagem muito lentamente, e sua atividade aumenta com o aumento de temperatura até atingir uma atividade ótima em temperaturas ao redor de 45°C, além das quais começa a sua inativação (LEHNINGER et al., 2006; ENZIMAS, 2009).

Alterações são observadas no aroma de determinados alimentos desidratados (LIMA et al., 2004). As enzimas também podem reagir com substratos secos, e a maneira como esses compostos se difundem no substrato infere, não só na velocidade da reação, mas também no modo como essa reação se processa. A atividade enzimática em produtos desidratados considera a atividade da água e a umidade relativa conjuntamente. Ambas devem ser baixas, uma vez que, em ausência de água, enzimas são mais estáveis ao calor, tornando-se mais sensíveis à medida que o teor de umidade aumenta (LEHNINGER et al., 2006; ENZIMAS, 2009).

No processo de desnaturação, proteínas apresentam expansão do volume resultante do desdobramento da cadeia, e a aplicação de pressão, em princípio, pode reduzir a desnaturação pelo calor (LEHNINGER et al., 2006). Contudo, pressões muito altas podem modificar a estrutura molecular causando, também, desnaturação da enzima; porém, geralmente, essas pressões são mais expressivas às empregadas no processamento na tecnologia de alimentos (ENZIMAS, 2009).

Em grãos de café, a oxidação dos lipídios causa importante modificação em seu sabor e odor, levando o produto a perdas qualitativas (HAMID et al.,

2002; HEIM et al., 2002; PIMENTA, 2004; AGUIAR et. al., 2005). Retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação é possível pela ação dos antioxidantes (LEHNINGER et al., 2006; ENZIMAS, 2009).

Enzimas Carboxilesterases e lipases são classificadas como éster hidrolases que catalisam, em meio aquoso, a hidrólise de ligações ésteres gerando um álcool e um ácido carboxílico (SAXENA et al., 1999).

A esterase é uma enzima envolvida em reações de hidrólise de esteres, estando diretamente ligada ao metabolismo dos lipídios, como os fosfolipídios totais de membrana (BRANDÃO JÚNIOR et al., 2002; Santos et al., 2005, VEIGA et al., 2010). A redução da sua atividade impede que os fosfolipídios das membranas permaneçam eficientemente protegidos (HENNING et al., 2009). Desse modo, com a desestruturação destes, o sistema de membranas das organelas entra em declínio, tornando-se mais suscetíveis aos efeitos deletérios do O₂ e permitindo maior produção de lixiviados, à medida que as sementes são envelhecidas (BEWLEY e BLACK, 1994).

Brandão Junior et al. (1999), trabalhando com sementes de café, observaram uma diminuição da intensidade de bandas e o aparecimento de bandas com o envelhecimento das sementes, os autores, atribuem as novas bandas a ação deteriorativa de microrganismos. A perda da atividade ou padrões de bandas de esterase não uniformes com o envelhecimento e, o aparecimento de novas bandas ou o aumento da atividade total dessa enzima com o envelhecimento foi constatado por Chauhan et al. (1985) em sementes de soja e cevada e, por Satters et al. (1994) em sementes de soja.

Henning et al. (2009) verificaram que nas sementes de aveia-preta com menor vigor apresentaram incremento na expressão da enzima esterase e Santos et al. (2005), que observaram aumento na atividade da enzima esterase nas sementes de feijão durante o armazenamento. Por outro lado, CARVALHO et al. (2006) verificaram redução da atividade da enzima esterase em sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) submetidas ao envelhecimento artificial.

Enzimas envolvidas nos processos de respiração como a piruvato quinase e na deterioração das sementes como as esterases, malato desidrogenase, álcool desidrogenase, catalase, peroxidase, dentre outras, têm um grande potencial como marcadores

moleculares para monitorar e caracterizar a qualidade fisiológica de sementes, e se constituem em ferramentas de grande valor, pois, além de auxiliar no diagnóstico do estado fisiológico de sementes, pode, em determinados casos, ajudar no entendimento sobre as causas da redução de vigor e viabilidade (VEIGA et al., 2010).

4.9.2 Enzimas antioxidativas

De maneira geral, as sementes são bem providas de moléculas antioxidantes e sistemas removedores, tais como, os lipossolúveis ou solúveis em lipídios (isômeros de tocoferol – vitamina E e β -caroteno, flavonóides) que auxiliam no controle da oxidação dos ácidos graxos, ligando-se ao oxigênio ativado (FRANZEN; HAAS, 1991; LEHNINGER et al., 2006; RESENDE, 2006) e os solúveis em água (ácido ascórbico: vitamina C e glutathione) (ROSA et al., 2005). O sistema antioxidante não enzimático da célula vegetal é essencialmente composto de concentrações de ascorbato, glutathione e α -tocoferol relativamente altas, que são eficientes consumidores de oxirradicais (GRATÃO et al., 2005; LEHNINGER et al., 2006).

No café, a concentração das enzimas antioxidantes varia conforme os diferentes tecidos (BRANDÃO JÚNIOR. et al., 2002; LUPETTI ET al., 2003; LIMA et al., 2004). A redução na atividade dessas enzimas está relacionada à perda de viabilidade das sementes (HOEKSTRA et al., 1996; BRANDÃO JÚNIOR. et al., 1999; LIMA et al., 2004) pelo aumento na peroxidação de lipídios e acúmulo de radicais livres durante a desidratação (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1999; LIMA et al., 2004) e, em consequência, redução na qualidade dos grãos (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1999, 2002; LIMA et al., 2004; TAVEIRA, 2009) e perda de atividade biológica em sementes sensíveis a dessecação (NKANG et al., 2000; ALSCHER et al., 2002).

A redução na atividade das enzimas removedoras de peróxidos pode contribuir com o processo de deterioração, uma vez que, as sementes se tornam mais sensíveis aos efeitos do oxigênio reativo e radicais livres (MCDONALD, 1999; BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Foyer e Noctor (2005) a exposição das plantas a fatores ambientais adversos pode perturbar a homeostase celular e aumentar a produção de diversas espécies ativas de oxigênio, como o superóxido (O_2^-), os radicais hidroxila (OH) e oxigênio singleto (O_2) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que são produzidas continuamente pelo metabolismo vegetal.

A oxidação é uma parte fundamental da via aeróbica e do metabolismo e, assim, os radicais livres são produzidos naturalmente ou por alguma disfunção biológica. Esses radicais livres, cujo elétron desemparelhado encontra-se centrado nos átomos de oxigênio ou nitrogênio designadas como espécies reativas de oxigênio (EROs) ou espécies reativas de nitrogênio (ERNS), ambas com um ou mais elétrons desemparelhados ou não.

Os radicais livres são produzidos durante o metabolismo da planta, particularmente em cloroplastos e mitocôndrias (PUNTARULO et al., 1991), e as co-enzimas SOD constituem o primeiro grupo de enzimas que catalisa a reação de dismutação de radicais superóxido livres (O_2^-) para oxigênio molecular (O_2) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (MCDONALD, 1999). No entanto, seu excesso acarreta efeitos prejudiciais, tais como a lipoperoxidação de membranas e oxidação de proteínas (GRATÃO et al., 2005).

De acordo com Gratão et al. (2005) as plantas possuem um sistema de defesa antioxidante enzimático e não-enzimático que permite a detoxificação das EROs e a proteção das células vegetais de danos oxidativos. A SOD é a primeira linha de defesa contra as EROs, sendo responsável pela reação do O_2^- , gerando H_2O_2 e O_2 . A CAT e APX são enzimas que catalisam a conversão do H_2O_2 em O_2 em água. A GR catalisa numa reação dependente de NADPH a redução da glutatona oxidada (GSSG) à forma reduzida (GSH). A APX, GR e GSH são importantes componentes do ciclo ascorbato-glutationa responsáveis pela remoção de H_2O_2 em diferentes compartimentos celulares. Porém, sendo os autores a destruição eficiente das EROs requer a ação das diversas enzimas atuando em sintonia, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), o ascorbato peroxidase (APX) e a glutatona redutase (GR).

Na baixa atmosfera e à temperatura ambiente, o oxigênio está presente principalmente na forma de moléculas diatômicas (O_2) que constituem um gás incolor, inodoro e insípido, essencial para os organismos vivos. Apresenta densidade levemente superior à do ar e seus átomos são respectivamente pequenos, pois possuem oito elétrons

(partículas elementares de carga negativa). Todavia, em excesso torna-se reativo (O_2^-), dessa forma, podem tornar-se destrutivos para as células e tecidos (RICE-EVANS et al., 1991; SCANDALIOS, 1993; GOODMAN, 1994). Importante observar que o oxigênio é pouco solúvel em água, forma bolhas que se desprendem facilmente por simples agitação e à temperatura ambiente, sua molécula é relativamente inerte, mas na presença de substâncias catalisadoras ou ao ser aquecido, reage com a maioria dos elementos para formar vários compostos.

Nas plantas, EROS é produzido nas células de forma balanceada, entretanto, sob condições de estresse pode haver aumento na formação de EROS associado à supressão dos sistemas de defesa (ALSCHER et al., 2002). Vale ressaltar, que as plantas respondem ao aumento de EROS elevando os processos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos. Sabe-se que fatores químicos, mecânicos e influências biológicas, induzem a ativação dos processos oxidativos e antioxidativos, entretanto, os mecanismos envolvidos nesses processos ainda não foram esclarecidos.

O dano celular decorrente da peroxidação de lipídios pode ser prevenido ou reduzido por mecanismos de proteção envolvendo radicais livres e enzimas de remoção do peróxido tais como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), esterase (EST) e peroxidase (PO) (PUNTARULO et al., 1991; JENG e SUNG, 1994; CHAUHAR et al., 1995; NKANG et al., 2000; BRANDÃO JÚNIOR. et al., 2002; GUIMARÃES et al., 2002; RESENDE, 2006). Contudo, Alscher et al. (2002) e Taiz e Zaiger (2004), afirmam que apesar de sua efetividade na neutralização do oxigênio reativo, a SOD produz H_2O_2 que mesmo menos reativo em altas concentrações, torna-se tóxico. Assim, sua atividade isolada é pouco funcional na proteção de sementes, porém, (MCDONALD, 1999; GRATÃO et al., 2005) juntas, SOD, CAT e PO formam um sistema removedor de radicais livres, atuando na proteção das membranas de dano peroxidativo.

As principais alterações relacionadas ao processo de deterioração são degradação e inativação de enzimas, redução da atividade respiratória e perda de integridade das membranas celulares (COPELAND; MCDONALD, 2001).

As enzimas (SOD), (CAT), (GPx), servem como linha primária de defesa na destruição dos radicais livres (GRATÃO et al., 2005; ENZIMAS, 2009). Para Brandão Júnior et al., (1999, 2002) e Foyer e Noctor (2005) a atuação conjunta dessas enzimas

envolve o sistema de proteção contra a deterioração e podem reduzir os produtos tóxicos resultantes do ataque de radicais livres, realizando a desintoxicação de O_2^- e H_2O_2 , antes que os danos possam ocorrer.

Também, de grande importância à área alimentícia, a enzima polifenoloxidase (PPO) é encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais. São-lhe atribuídos, formação de pigmentos escuros, depreciação e redução do valor nutricional e mudanças indesejáveis nas características sensoriais de produtos e bebidas (SANTANA et al. 2008), interferência nos processos respiratórios, resistência a infecções e biossíntese de certos constituintes vegetais, como os flavonóides e quinonas (AMORIM, 1978; ESKIN, 1990; CARVALHO et al., 1997; CARVALHO et al., 2001). As quinonas inibem a atividade da polifenoloxidase (WHITAKER, 1972).

Presente em grande quantidade, a PPO causa a oxidação de certos compostos na presença de oxigênio molecular (LUPETTI et al., 2003). As PPO apresentam cobre em sua estrutura molecular e catalisam reações de oxidorredução em que a própria polifenoloxidase funciona como receptor de elétrons (WHITAKER, 1994). Encontrada em várias partes de folhas e fruto de café (DRAETTA; LIMA, 1976; ARAÚJO, 1995; MAZZAFERA; ROBINSON, 2000), encontram-se ligada às membranas celulares (PIMENTA et al., 2004; RESENDE, 2006). Localizam nos vacúolos da célula, especialmente, nas membranas dos cloroplastos e plastídios, em estado ativo ou latente (CARVALHO et al., 1994; LOPES et al., 2000). Por sua vez, quando as membranas sofrem danos, liberam as PPO que ativadas, interagem no metabolismo, podendo reagir com substratos fenólicos intra e extracelulares, oxidando-os a quinonas (AMORIM, 1978).

Diferentes fatores contribuem para a redução na atividade da PPO (LI; STEFFENS, 2002; LIMA, 2005; MENDONÇA et al. 2007). Estudos abordaram o seu envolvimento na adaptação a condições de estresse ambiental (FARAH; DONANGELO, 2006), em mecanismos de resistência ao ataque de patógenos e herbívoros (MAZZAFERA et al., 1989; RAMIRO, 2003). A oxidação de polifenóis pela enzima PPO é um dos principais eventos bioquímicos (AMORIM, 1978), conseqüentemente, infere na qualidade da bebida em café (CARVALHO et al., 1997, 2001).

Os polifenóis são facilmente oxidáveis, pelas enzimas vegetais por metais como ferro e manganês, luz, calor e, também pelo meio alcalino, ocasionando o

escurecimento de suas soluções ou de compostos isolados. Podem ser encontrados em quase todos os vegetais. Têm estruturas químicas relativamente simples ou complexas, como taninos e ligninas (CARVALHO et al., 2001).

Dentre os polifenóis, os ácidos clorogênicos são considerados produtos secundários nas plantas e têm como função principal controlar os níveis de ácido indol acético e, no café, a concentração desses ácidos são maiores do que na maioria das plantas (FARAH et al., 2005; CARVALHO et al., 2001). Estes são responsáveis pela adstringência dos frutos e, principalmente no café, interferem no sabor e aroma (MENEZES et al., 1990; ILLY; VIANI, 1995;). Também exercem função antioxidante e proteção de aldeídos, principalmente, os ácidos clorogênico e caféico (AMORIM; SILVA, 1968) e, têm potenciais benefícios à saúde humana (ABRAHÃO et al., 2010). Ainda, são precursores na biossíntese da lignina e, na formação dos pigmentos verdes do grão (CONSTABEL et al., 2000; LI; STEFFENS, 2002).

A atividade antioxidante de compostos fenólicos deve-se, principalmente, à sua estrutura química e propriedades redutoras (ABRAHÃO et al., 2010). Essas contribuem de forma imparcial na neutralização de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (BRENNAN; PAGLIARINI, 2001; ZHENG; WANG, 2001; ABRAHÃO et al., 2010). Embora as evidências sejam claras sobre a ação *in vitro* dos fenóis e polifenóis sobre espécies reativas de oxigênio, dependendo as circunstâncias, eles podem, apresentar ação pró-oxidante, tal como o ascorbato e os carotenóides (FARAH; DONANGELO, 2006; SOUZA et al., 2007).

O teor de polifenóis livres é mínimo no café verde, entretanto, esse aumenta durante a torração desses grãos (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Esse aumento está relacionado à degradação dos ácidos clorogênicos (CGA) sendo os componentes formados encontrados no aroma e sabor do produto (CLIFFORD, 1999; PIMENTA et al. 2000; PÁDUA et al., 2002, 2002a; PIMENTA, et al., 2008). No entanto, a presença de CGA em quantidades elevadas aumenta a adstringência do sabor do café, contribuindo para a desvalorização do produto (PIMENTA et al. 2000; SIQUEIRA; ABREU, 2006).

Por definição, a atividade antioxidante é a capacidade de um composto inibir a degradação oxidativa (ROGINSKY; LISSI, 2005). E, segundo Lima et al. (2009), a inibição da reação em cadeia, tem despertado interesse em novos antioxidantes, principalmente, para prevenir o dano oxidativo às células vivas. Nesse contexto, embora, ainda

incipiente, grupos de pesquisa nacionais e internacionais vêm desenvolvendo trabalhos relacionados à atividade enzimática nas sementes responsáveis pela proteção e mobilização dos tecidos de reserva, focando a manutenção da qualidade e prolongar o tempo de armazenabilidade.

Vale ressaltar, o café é um alimento singular, pois apesar da degradação parcial dos compostos fenólicos durante a torração, possui atividade antioxidante devido ao desenvolvimento de outros compostos bioativos (HALSTED; AM. J, 2003). Portanto, quaisquer condições adversas que ocorram ao grão, na colheita, no processamento, na secagem e/ou no armazenamento, podem ativar as enzimas, principalmente, polifenoloxidase, que irão agir sobre os polifenóis, reduzindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, conseqüentemente, afetando o sabor do café e reduzindo o conteúdo desse composto no café.

4.9.3 Proteínas resistentes ao calor (*Late Embryogenesis – LEA*)

De acordo com Guimarães et al. (2008), as sementes, quando secas, dispõem de alguns mecanismos de proteção capazes de manter estruturados os sistemas de membrana das células, bem como as estruturas das macromoléculas (GURLEY, 2000; GALLARDO et al., 2001; GUIMARÃES et al., 2002; SUN et al., 2002). Durante a maturação das sementes, além das mudanças que ocorrem no conteúdo de açúcares, há, também, aquelas que ocorrem nas proteínas como a *LEA* (BLACKMAN et al., 1992; GUIMARÃES et al., 2002; CASTRO; HILHORST, 2004).

As proteínas *LEAs* têm função protetora e são induzidas por ABA (BLACKMAN et al., 1992; LEPRINCE et al., 1993; GUIMARÃES et al., 2002). Além da função protetora, podem atuar na formação de pontes de água e substituição de água, ajustamento osmótico e, ainda, podem atuar como agentes protetores de componentes celulares (WALTERS et al., 1997; BLACK et al., 1999).

Dentre as proteínas, algumas são mais resistentes ao calor e outros estresses – *Heat Shock Proteins-HSPs* (RESENDE, 2006). Estas proteínas auxiliam as células

a suportarem o estresse térmico, funcionando como chaperonas moleculares. Elas impedem o desdobramento e precipitação das proteínas (enzimas) e podem exercer uma função protetora, não somente durante a maturação das sementes, mas também ao longo de todo o processo germinativo e ao longo da germinação (GALLARDO et al., 2001; SUN et al., 2002).

De acordo com as pesquisas já desenvolvidas as *LEAs* são consideradas essências contra o estresse térmico, pois atuam como mecanismo de defesa, entretanto, pouco se conhece a respeito dos processos envolvidos na atuação da *LEA* durante o armazenamento de café. Dessa forma, estudar a atuação e a variação das proteínas resistentes ao calor durante o armazenamento pode contribuir para a manutenção da qualidade da bebida do café.

Pelo exposto, observa-se que são vários os fatores que interferem na qualidade dos grãos e por consequência na qualidade da bebida dos cafés, envolvendo a participação de enzimas específicas, proteínas específicas e açúcares, sendo que muitos desses fatores não se encontram elucidados.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia e no Pólo de Tecnologia em Pós-Colheita de Café da Universidade Federal de Lavras/UFLA/MG; no Departamento de Engenharia Rural e no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu/FCA/UNESP/SP, no laboratório de Análises Bromatológicas do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu/FMVZ/UNESP/SP e no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências de Botucatu/IB/UNESP/SP.

5.1 Procedência da matéria-prima

O produto utilizado foi o café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho, IAC-99) fornecido pela fazenda experimental da Universidade Federal de Lavras, UFLA.

5.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido na UFLA. Os frutos de café colhidos foram levados ao Pólo em Tecnologia Pós-colheita do Café para serem processados por via seca e via úmida. Após o processamento, todos os cafés foram submetidos aos tratamentos de secagem, e no término desta, os cafés foram embalados e armazenados. Independente do tratamento, a secagem foi conduzida até os cafés atingirem o teor de água de $11\% \pm 0,5\%$ (bu). O fluxograma do processamento, secagem e armazenamento do café está na Figura 1.

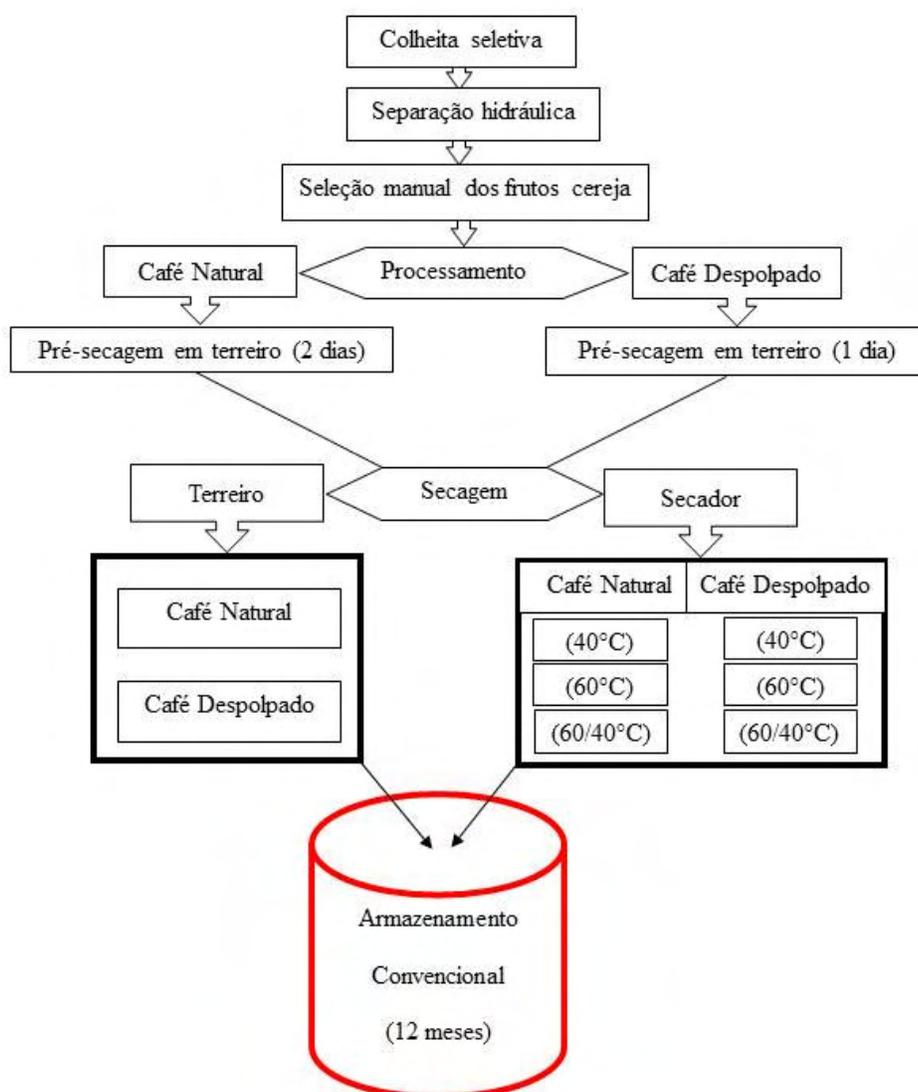


Figura 1 Fluxograma do processamento, secagem e armazenamento dos cafés.

5.3 Processamento do café

O café foi colhido manualmente e de forma seletiva, retirando-se da planta somente os frutos no estágio de maturação cereja. Para cada repetição, foram colhidos 1600 litros de frutos de café. Toda a matéria-prima foi uniformizada por meio da separação hidráulica, em lavador comercial de marca Pinhalense, utilizando-se somente frutos cereja. Em seguida, cerca de 600 litros do café-cereja foram levados diretamente para o terreiro, constituindo a parcela de café natural. Para a obtenção do café despulpado, cerca de 1000 litros do café-cereja foram descascados, em descascador comercial de marca Pinhalense.

Após a obtenção do café cereja descascado (CD), 600 litros deste foram levados e acondicionados em tanque com água e submetido à fermentação biológica para a remoção da mucilagem, em condições ambiente (temperatura média de 22°C), permanecendo por um período de 20 horas (BORÉM, 2008). Durante todo o processo da fermentação, foram monitorados a temperatura e o pH da solução. Terminada a fase da fermentação, o café foi lavado, com sucessivas trocas de água até ser observada a completa remoção da mucilagem remanescente (Figura 2).



Figura 2 Processo de fermentação e remoção com água da mucilagem do café despulpado: a) matéria-prima; b) café cereja descascado; c) café cereja descascado imerso em água no início do processo da fermentação biológica; d) fase intermediária da fermentação biológica; e) monitoramento da temperatura (°C) e pH durante o processo de fermentação biológica; f) processo de remoção da mucilagem após a fermentação biológica; g) café praticamente livre da mucilagem; h) café despulpado, apto para ser levado ao terreiro.

A partir do momento em que os cafés natural e despulpado, foram conduzidos ao terreiro para a pré-secagem foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente, por meio de um termohidrografo.

5.4 Caracterização dos métodos de secagem

5.4.1 Pré-secagem

O café natural e o café despulpado foram divididos em parcelas distintas no terreiro (Figura 3).

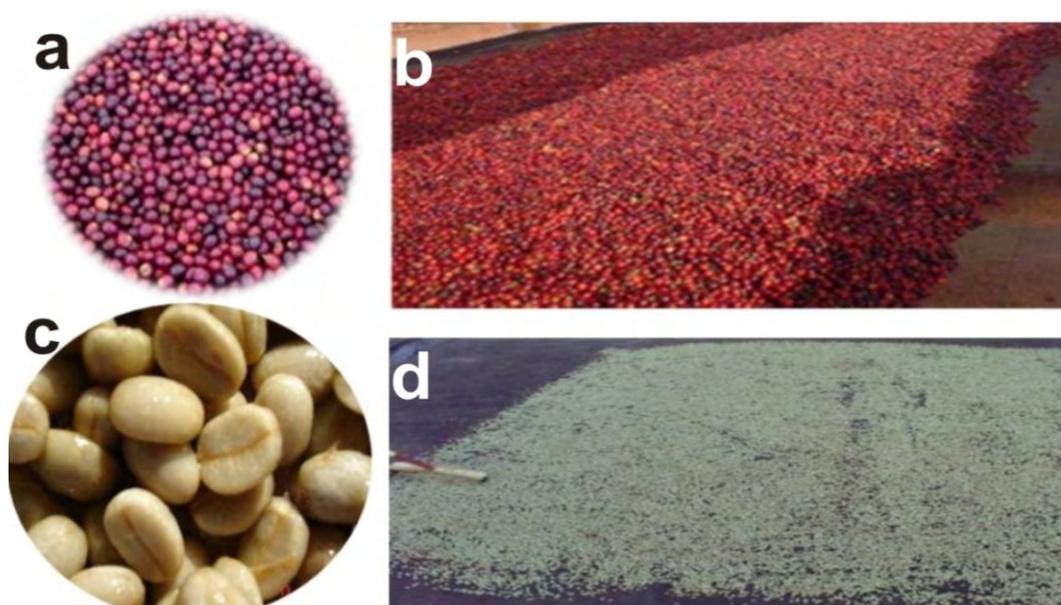


Figura 3 Pré-secagem do café natural e despulpado em terreiro: (a) cafés cereja após separação hidráulica e seleção manual; (b) café natural na pré-secagem; (c) café despulpado; (d) café despulpado na pré-secagem.

As parcelas destinadas à secagem mecânica passaram por um período de pré-secagem em terreiro para minimizar as diferenças no teor de água inicial entre os cafés natural e despulpado. Uma parcela do café natural permaneceu por dois dias no terreiro,

enquanto outra parcela do despulpado, por um dia, possibilitando assim que os frutos fossem levados para a secagem mecânica com as mesmas condições ambientais de temperatura e umidade relativa. Nesse momento o café natural encontrava-se com teor de água de 46% e o café despulpado 42%. O período menor para o café despulpado é devido à remoção do exocarpo e do mesocarpo no processamento por via úmida, resultando, conseqüentemente, em grãos de café com menor teor de água inicial em comparação ao café natural. As demais parcelas permaneceram no terreiro para secagem completa ao sol. O manejo adotado na fase da pré-secagem seguiu a metodologia descrita por Borém (2008).

Para o controle do teor de água dos grãos durante a pré-secagem em terreiro foram coletadas amostras a partir do momento que cada tratamento foi conduzido ao terreiro. O teor de água foi determinado em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3$ pelo método padrão ISO 6673:2003.

5.4.2 Secagem em terreiro

Para a secagem em terreiro após o processamento e a pré-secagem, uma parcela de cada café permaneceu no ambiente. Tanto o café natural quanto o despulpado permaneceram sob as mesmas condições até atingirem o teor de água de 11% (bu) (Figura 4).



Figura 4 Secagem dos cafés em terreiro até atingirem teor de água 11% (bu): (A) café natural; (B) café despulpado.

Durante o tempo em que o café permaneceu no terreiro, foram realizados revolvimentos de meia em meia hora e monitoramento da temperatura (T °C) e umidade relativa (UR %) do ar ambiente, por meio do termohidrógrafo, conforme a metodologia proposta por Borém et al. (2008b).

5.4.3 Secagem mecânica

Após o período de pré-secagem, as parcelas foram conduzidas ao secador de camada fixa de 0,15 m, acoplado a um condicionador de ar de alta precisão, modelo proposto por Fortes et al. (2006). O controle do fluxo da temperatura (T °C) e da umidade relativa (UR %) do ar de secagem foi feito por meio de dispositivos conhecidos como termostato. Tanto o café natural quanto o café despulpado foram submetidos à secagem com ar aquecido a 40°C; 60°C e 60/40°C.

O fluxo do ar foi mantido a $20\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{m}^{-2}$ (AGULLO; MARENIA, 2005), correspondendo, a uma velocidade de $0,33\text{m.s}^{-1}$ (BORÉM et al., 2008c). Durante a secagem, a umidade relativa foi mantida a 19% para a temperatura de 40°C e de 7% para a 60°C.

As parcelas que receberam o tratamento com ar aquecido a 40°C e 60°C permaneceram no secador até o café atingirem o teor de água de 11% (bu). E o tratamento com ar aquecido a 60/40°C foi submetido à secagem da seguinte forma: 60°C até teor de água de 30% (bu) ± 2 , reduzindo-se, então, a temperatura do ar de secagem para 40°C até atingirem 11% (bu) de teor de água. O controle do teor de água dos grãos durante a secagem foi feito a partir do teor de água inicial dos cafés provenientes do terreiro. Os teores de água do café foram determinados pelo método padrão ISO 6673:2003.

O secador experimental também permite a recirculação do ar de secagem, ou seja, após passar pela camada de grãos esse ar retorna à câmara de condicionamento onde é recolocado nas condições pré-determinadas de temperatura e umidade relativa (Figura 5).

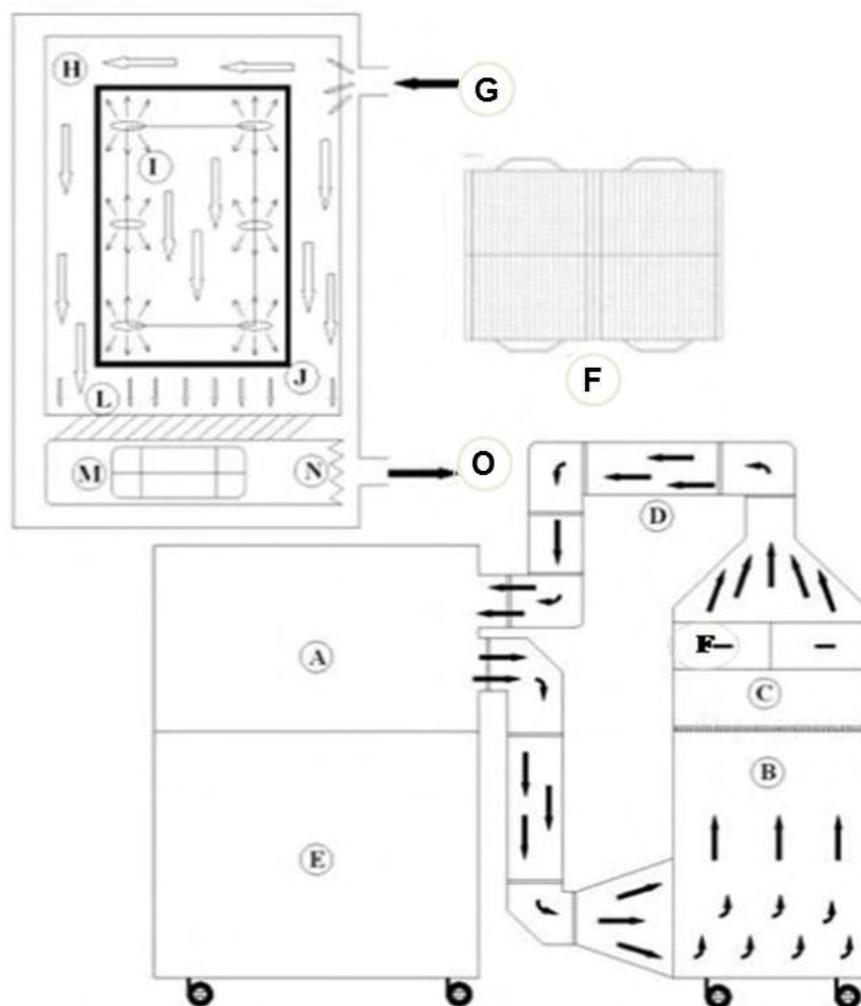


Figura 5 Layout do equipamento com reciclagem do ar de secagem e secador de alta precisão acoplado ao condicionador de ar: (A) câmara de condicionamento do ar; (B) plenum; (C) câmara de secagem; (D) Sistema de recirculação do ar; (E) sistema elétrico, motor, ventilador e vista frontal do painel de controle; (F) gavetas removíveis da câmara de secagem; (G a O) sistema de recirculação do ar de secagem.

Importante ressaltar que no tratamento 60/40°C a secagem dos cafés natural e despulpado não foi realizada no secador ao mesmo tempo, tal procedimento foi devido a diferença do teor de água na fase de transição. Para determinar o momento de transição da temperatura do ar de 60°C para 40°C, para ambos os cafés, cada gaveta contendo a parcela experimental foi pesada a cada 30 minutos (Figura 6).



Figura 6 Secagem mecânica e monitoramento da umidade do café: (1) natural e (2) despulpado.

O teor de água foi determinado por diferença de massa aplicando-se as equações 1 e 2. Quando cada gaveta atingiu a massa relativa ao teor de água de $30\% \pm 2$ (bu), a temperatura foi mudada de 60°C para 40°C , permanecendo nessa temperatura até o café atingir 11% (bu). A taxa de redução de água foi obtida por meio da equação 3.

$$M_f = \{M_i - [(M_i * PQ) * 100^{-1}]\} \quad \text{equação 1}$$

$$PQ = \{[(U_i - U_f) * (100 - U_f)^{-1}] * 100\} \quad \text{equação 2}$$

$$TRA = [(TA_0 - TA_{at}) * (t_{at} - t_0)^{-1}] \quad \text{equação 3}$$

Em que:

M_f : massa final (kg);

M_i : massa inicial (kg);

PQ: porcentagem de quebra (%);

U_i : teor de água inicial (%bu);

U_f : teor de água final (%bu).

TRA: taxa de redução de água ($\text{kg de H}_2\text{O kg}^{-1}$ de café hora $^{-1}$);

TA_0 : teor de água anterior ($\text{kg de H}_2\text{O kg}^{-1}$ de café);

TA_{at} : teor de água atual ($\text{kg de H}_2\text{O kg}^{-1}$ de café);

t_{at} : tempo total de secagem atual (horas);

t_0 : tempo total de secagem anterior (horas).

5.5 Caracterização do armazenamento do café

O processo de secagem de cada tratamento de café foi interrompido em 11% (bu) de umidade, e após o produto estar em equilíbrio com a temperatura ambiente, o café foi acondicionado em sacos de juta, capacidade 5 kg e armazenado em sala de laboratório em ambiente não controlado. As condições do ambiente, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, onde os cafés foram armazenados, foram monitoradas por meio de um termohidrógrafo durante o período de 12 meses (Figura 7).



FIGURA 7 Armazenamento: (a) preparo do material e (b) ambiente do café armazenado.

Para as avaliações propostas foram coletadas em intervalos de três meses, sendo a primeira após término da secagem, no início do armazenamento. As coletas das amostras para avaliar os efeitos dos métodos de processamento e de secagem, em cada tempo de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses), foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente ao caso em esquema fatorial 2x4x5 (2 métodos de processamento – café natural (T_A) e café despulpado (T_B), 4 métodos de secagem – terreiro (T_1), temperatura 40°C (T_2), 60°C (T_3) e 60/40°C(T_4) e 5 tempos de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses), com 3 repetições.

5.6 Avaliação da qualidade dos cafés

Para a realização das análises foram utilizadas três subamostras de cada parcela experimental, com três repetições, correspondentes aos respectivos tratamentos. Após a coleta, as amostras de café foram beneficiadas, classificadas em peneira 16 acima, ou seja, peneiras 17 e 18, eliminando-se, grãos com defeitos e os moca. Em seguida separou-se a quantidade necessária de material de cada amostra para as análises sensoriais, físico-químicas, químicas e bioquímicas. Na avaliação sensorial os grãos de café foram submetidos a torra e moagem. Por outro lado, para as avaliações químicas e bioquímicas as amostras foram imersas em nitrogênio líquido, em seguida moídas em moinho marca Tecnal, modelo T 650, entretanto, para as análises físico-químicas as amostras foram moídas sem a imersão em nitrogênio.

5.6.1 Avaliação sensorial dos grãos dos cafés

A análise sensorial foi realizada por Juízes Certificados de Cafés Especiais (SCAA Certified Cupping Judges). Foi utilizado o protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2009), de acordo com a metodologia

proposta por Lingle (1986) para avaliação de cafés especiais, pontuando no intervalo de 6 a 10 cada um dos seguintes atributos: fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, balanço e impressão global, utilizando o formulário apresentado (Anexo 4). Doçura, uniformidade e xícara limpa é pontuada de zero a 10, atribuindo-se 2 pontos a cada uma das 5 xícaras avaliadas (Anexo 4).

A classificação dos pontos de torra foi realizada com auxílio de discos colorimétricos AGTRON/SCAA, de acordo com os padrões utilizados pela SCAA, sendo utilizada torra moderadamente leve, com coloração correspondente a 58 pontos da escala Agron, para o grão inteiro, e 63 pontos para o grão moído, com tolerância de ± 1 ponto. Para obtenção do ponto de torra ideal foi feita a padronização das amostras quanto ao peso (100 g) e tamanho dos grãos (peneira 16 e acima), bem como o monitoramento da temperatura e tempo de torra (entre 8 e 12 minutos).

Em cada avaliação sensorial foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada amostra, realizando-se uma sessão de análise sensorial para cada repetição, totalizando três repetições para cada tratamento. Por apresentarem características sensoriais distintas, a análise sensorial do café natural e despulpado foi realizada separadamente, tendo em vista minimizar possíveis interferências, negativas ou positivas. Os resultados finais da avaliação sensorial foram constituídos pela soma de todos os atributos.

5.6.2 Avaliação físico-química dos grãos dos cafés

Para obter o extrato da amostra, o material (grãos) permaneceu armazenado em *freezer* a -80°C do momento da coleta até a realização das análises. As amostras foram colocadas em estufa a 60°C com ventilação forçada durante 48 horas, passando-as para dessecador até temperatura ambiente, sendo então acondicionadas em potes de polipropileno com capacidade de 250 g.

Na fase seguinte, as amostras foram processadas em moinho específico para obtenção do extrato vegetal. Para cada amostra foram utilizados 50 g de grão, os quais foram triturados e homogeneizados em moinho de facas, em temperatura ambiente até a

obtenção de partículas perfeitamente pulverizadas e de tamanho uniforme. Após trituração o extrato sólido foi colocado em tubos tipo *falcon* devidamente identificados e armazenados a temperatura ambiente, para a realização das análises.

5.6.2.1 Resíduo mineral fixo (teor de cinzas)

Para a determinação do teor de cinzas, utilizou-se o método 920.93 (AOAC, 2005), o qual se baseia na determinação da perda de peso do material submetido à incineração em mufla a 550°C. As pesagens foram feitas em triplicata, até peso constante. A perda de peso forneceu o teor de matéria orgânica, e a quantidade de cinzas é dada em g 100 g⁻¹. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$.

5.6.2.2 Resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico a 10%

A determinação do teor de minerais insolúveis foi realizada de acordo com o método Adolfo Lutz ref. 13 n° 4.9.3 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). Para as cinzas insolúveis em ácido clorídrico, após a determinação do resíduo mineral fixo, as cinzas nas cápsulas de porcelana foram transferidas para um béquer de 50 mL, adicionando-se 20 mL da solução de ácido clorídrico 10% (v/v).

As amostras foram homogeneizadas por agitação ao banho-maria por 10 minutos. Após essa etapa, as mostras foram filtradas em papel de filtro qualitativo. A cápsula, o béquer e o filtro de cada amostra foram lavados com 50 mL de água quente, sendo o papel de filtro contendo o resíduo transferido para a mesma cápsula, levado para a carbonização do papel em baixa temperatura e incineração em mufla à temperatura de 550°C. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$.

5.6.2.3 Extrato Etéreo (EE)

A quantidade de substâncias lipídicas (método 920.39 – AOAC, 2005) foi determinada pelo método de Soxhlet, pela extração descontínua com o solvente éter etílico, e consequente solubilização da gordura. Após dessecação, o material extraído foi pesado, e a diferença entre este e o peso inicial da amostra corresponde à quantidade de extrato etéreo da amostra. Este valor foi dado em g g^{-1} de amostra integral.

5.6.2.4 Proteína Bruta (PB)

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método semi-micro de Kjeldahl (método 991.20 – AOAC, 2005), convertendo-se o teor total de nitrogênio (N) em proteína pelo uso do fator 6,25. O método de Kjeldahl, basicamente é dividido em três etapas: digestão, destilação e titulação. O resultado foi expresso em $\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$ da amostra integral.

5.6.2.5 Fibra Bruta (FB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina (L), Celulose (C) e Hemicelulose (H)

A determinação do teor de fibra bruta (FB), ou seja, a fração fibra total (método 920.98 – AOAC, 2005) fundamenta-se em uma digestão ácida seguida de uma digestão em meio alcalino. Após filtrar as amostras, estas foram submetidas ao aquecimento em estufa a 105°C até peso constante, e o peso da fibra total foi dado pela diferença entre o peso do papel, em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de amostra integral. A fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), bem como, o teor de Lignina (L), Celulose (C) e Hemicelulose (H) foram determinadas segundo o método de Van Soest (1994), descrito por Silva (1998). Os resultados foram expressos em g g^{-1} .

5.6.3 Avaliação fisiológica, química e bioquímica dos grãos dos cafés

Para as análises da condutividade elétrica, lixiviação de potássio e ácidos graxos, as amostras de café beneficiado grão cru foram armazenadas íntegros até as avaliações. Já para as demais avaliações, as amostras foram imersas em nitrogênio líquido e processadas em moíno específico, de marca Tecnal, modelo T 650. Em cada tratamento utilizou-se três repetições, sendo que, para cada amostra, foram utilizados 100 g de grão, os quais foram triturados em nitrogênio líquido, suplementado com 5 mg de PVPP. Após trituração o material foi colocado em tubos *falcon* identificados e armazenado em *freezer* (-80°C) até a realização das análises.

5.6.3.1 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Prete et al. (1999), utilizando-se para cada amostra quatro repetições com 50 grãos crus sem defeitos visíveis, os quais foram pesados em balança de precisão de 0,0001 g. Em seguida as amostras foram imersas em 75 mL de água destilada em copos plásticos de 200 mL.

Os recipientes foram colocados em estufa ventilada em temperatura de 25°C por 5 horas, procedendo-se a leitura da condutividade elétrica da solução em aparelho DIGIMED mod. DM-31 a cada intervalo de 15 minutos. Com os dados obtidos foram calculadas as condutividades elétricas, expressando-se o resultado em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de amostra.

5.6.3.2 Lixiviação de potássio (LK)

A determinação da quantidade de potássio lixiviado dos grãos crus foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica segundo metodologia proposta por Prete

et al. (1999), e adaptada para este estudo. Finalizada a leitura da condutividade elétrica, retirou-se uma alíquota das soluções de cada amostra e suas respectivas repetições foram preparadas para a determinação da quantidade de íons de potássio lixiviado. Com os dados obtidos foram calculados os resultados e o lixiviado de potássio expresso em g kg^{-1} de café beneficiado grão cru.

5.6.3.3 Acidez graxa (AG)

Para as análises de acidez graxa foram utilizadas amostras de 40 gramas, em quatro repetições, conforme AACC (1995). O procedimento segundo o método da AACC (1995) determina moagem em moinho específico, o Stein Mill II, em duas etapas.

Primeira etapa – coloca-se uma amostra de 40 gramas de grãos, pesados em balança (precisão de 0,0001g) no recipiente do moinho e procede-se a moagem por um minuto; segunda etapa – adiciona-se 100 mL de Tolueno e procede-se outra moagem por quatro minutos. Finalizada a moagem, espera-se o material sólido decantar (entre 45 a 60 segundos) e, em seguida, com auxílio de uma bomba a vácuo a solução da amostra (café cru moído e embebido em tolueno) é filtrada em papel filtro número dois, da qual se retira uma alíquota de 25 mL, a qual é transferida para um erlenmeyer de 125 mL contendo 25 mL da solução de fenolftaleína 0,04% (m/v) em etanol a 95% (v/v), e titulado com hidróxido de potássio (KOH) na concentração de $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ (solução aferida e ajustada para $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ em etanol).

O processo da titulação foi realizado sob agitação conforme AACC (1995). Para tal, a solução amostra foi agitada em um agitador magnético, sem aquecimento, modelo TE, adicionando-se gota a gota a solução de KOH até atingir o ponto de viragem (cor rosa transparente). O resultado foi obtido pelas equações 4 e 5 e o teor da acidez graxa foi expresso em mL de KOH 100 g^{-1} de massa seca

$$\text{PS} = [(1 - U (\text{bu})) \times 40\text{g}] \quad \text{equação 4}$$

$$AG = [(V \times 100) \div PS] \quad \text{equação 5}$$

Em que:

PS: peso da amostra seca (g);

U (bu): umidade base úmida (%);

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

AG: acidez graxa (mL de KOH 100 g⁻¹ de MS).

5.6.3.4 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada por titulação de acordo com técnicas descritas pela AOAC (1990). O extrato utilizado foi obtido a partir de 2 gramas de amostra de café moída diluída em 50 mL de água destilada, sendo agitado em agitador mecânico por 1 hora a 150 rpm. A solução extrato foi filtrada e uma alíquota de 5 mL foi separada e diluída em 50 mL de água destilada. A acidez total foi determinada por titulação com solução NaOH 0,1N utilizando-se uma solução de fenolftaleína 1% como indicador e os resultados expressos em mL de NaOH 0,1N 100 g⁻¹ de amostra.

5.6.3.5 Determinação do pH

Para a determinação do pH do café beneficiado grão cru, o extrato utilizado foi obtido a partir de 2 gramas de amostra moída e diluída em 50 mL de água destilada, sendo a solução agitada em agitador mecânico por 1 hora a 150 rpm. Em seguida, realizou-se a filtragem em papel de filtro e uma amostra de 5 mL da solução filtrada foi colocada em um becker para a realização das leituras do pH por meio de um peagâmetro, de acordo com o método descrito na AOAC (1990).

5.6.3.6 Carboidratos totais, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores.

Os açúcares totais (AR + sacarose) e os açúcares redutores (AR) foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citada pela AOAC (1990), e determinados pela técnica de SOMOGY, adaptada por NELSON (1944). Os teores de açúcares totais e os redutores foram obtidos por espectrofotometria em comprimento de onda de 490 nm e 520 nm, respectivamente. Para tanto, primeiro foi determinada a curva padrão de glicose ($\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$). Os dissacarídeos (açúcares não redutores – ANR) foram encontrados por diferença entre os açúcares totais (AR + sacarose) e os açúcares redutores (AR), expressando-se os valores em $\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$.

Para obter o teor dos carboidratos totais, esses foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citada pela Association of Official Analytical Chemists AOAC (1990) e determinando-se o teor pelo método fenol sulfúrico segundo a metodologia descrita por DOUBOIS et al. (1956). O método baseia-se na determinação de açúcares simples, polissacarídeos (complexos) e seus derivados, incluindo metil-ésteres com grupos redutores livres ou potencialmente livres, após desidratação dos mesmos pelo ácido sulfúrico e subsequente complexação dos produtos formados com o fenol (quando tratados com fenol a 5% e ácido sulfúrico concentrado, dão coloração amarelo-alaranjado).

A mudança da cor da solução é medida na região do visível e é proporcional a quantidade de açúcares presentes na amostra. A reação é sensível e de coloração estável. Os teores de açúcares totais foram obtidos por meio de espectrofotometria em comprimento de onda de 490 nm, utilizando-se uma curva padrão de glicose ($\mu\text{g}^{-1} \mu\text{L}$) de intervalo de 0,05 a 0,5 μg .

O procedimento foi realizado em triplicata, pipetando-se 0,5 mL da amostra e adicionando-se 0,5 mL de fenol a 5%; os tubos foram submetidos à agitação para homogeneização das soluções e adicionando-se 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (98N), evitando-se o contato com as paredes dos tubos e novamente o conteúdo foi homogeneizado. Para calibrar o espectrofotômetro no tubo padrão colocou-se 0,5 mL de água destilada no lugar da amostra. Os tubos permaneceram em banho-maria (água à temperatura ambiente) até

entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente. A leitura de absorvância da solução foi realizada em espectrofotômetro em comprimento de onda de 490 nm. Os valores foram expressos em $\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$.

5.6.3.7 Sólidos solúveis

A concentração e a variação nos teores de sólidos solúveis dos grãos de café ao longo do armazenamento foram determinadas de acordo com a metodologia descrita na AOAC (1990). O extrato utilizado para determinar os sólidos solúveis foi obtido a partir de 2 g de amostra diluída em 50 mL de água destilada, sendo agitado em agitador mecânico por 1 hora a 150 rpm. O extrato foi filtrado e uma alíquota de 5 mL foi transferida para um béquer para a leitura do teor de sólidos solúveis em refratômetro de bancada, tipo Abbe. A partir do percentual de umidade, os dados foram expressos em matéria seca (ms).

5.6.3.8 Compostos fenólicos (Polifenóis)

Os compostos fenólicos totais foram extraídos pelo método de Goldstein e Swain (1963), utilizando-se como extrator o metanol 50% (v/v) e, identificados de acordo com o método de Folin-Denis, descrito pela AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem da matéria seca.

O método de Folin-Ciocalteu (BUDINI; TONELLI; GIROTTI, 1980) é baseado na capacidade redutora do reagente em contato com compostos que contenham grupos capazes de serem oxidados. Este é um ensaio colorimétrico de oxirredução que mede todas as moléculas fenólicas sem diferenciar entre ácido gálico, monômeros, dímeros, e compostos fenólicos grandes. Uma curva padrão de ácido gálico (Vetec, Rio de Janeiro) foi construída com diferentes concentrações para expressar os resultados em mg GAE (Gallic Acid Equivalent) por 100g de peso seco.

Para a dosagem dos compostos fenólicos (CF) foi colocado em tubo de ensaio: 8,5 mL de amostra; 0,5 mL de Folen Denis e 1,0 mL de carbonato de sódio. Após 30 minutos de agitação em agitador mecânico, foi realizada a leitura em UV a 760 nm dos padrões e das amostras (obtenção da curva-padrão com a absorbância em função de ácido gálico (mL) e da amostra (mg)). A concentração de fenólicos totais foi calculada utilizando-se ácido gálico como padrão e o resultado expresso em g eq. ácido gálico 100 g⁻¹

5.6.4 Caracterização de proteínas nos cafés

As amostras foram processadas para obtenção do extrato, obtido através da ressuspensão do material vegetal (300 mg) em 2,0 mL de tampão fosfato de potássio 0.1 M, pH 6.8, suplementado com 200 mg de PVPP. Após centrifugação por 10 min. a 5.000 \times g, o sobrenadante foi coletado e armazenado em *freezer* a - 80° C.

5.6.4.1 Quantificação da proteína

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Bradford (Bradford, 1976). foi determinada por medição em espectrofotômetro A leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda à 595nm.

5.6.4.2 Quantificação da atividade de enzimas antioxidativas

A atividade das enzimas antioxidativas Catalase (CAT), Superóxido dismutase (SOD), Peroxidase (PO) e polifenoloxidase (PPO) foi determinada por medição em espectrofotômetro a um comprimento de onda (nm) específico para cada enzima.

5.6.4.2.1 Catalase (CAT)

A atividade da enzima CAT foi determinada por medição em espectrofotômetro em comprimento de onda de 240 nm pelo monitoramento da variação da absorção do peróxido de hidrogênio, conforme Peixoto et al. (1999). Para o teste, 50 µL de extrato bruto foram adicionados a 950 µL de um tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,0 suplementado com peróxido de hidrogênio a uma concentração final de 12.5 mM.

Para conhecer a atividade da enzima, a variação da absorção (ΔE) foi calculada em um intervalo de 80 segundos, sendo a atividade da enzima calculada utilizando-se um coeficiente de extinção molar $\epsilon=39,4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Para o cálculo da atividade específica ($\mu \text{ Kat } \mu\text{g}^{-1}$ de proteína) da catalase levou-se em consideração a concentração de proteína solúvel no teste.

5.6.4.2.2 Superóxido Dismutase (SOD).

A atividade da SOD refere-se a sua capacidade em inibir a fotorredução do NBT (Azul de nitrotetrazólio cloreto). A atividade foi determinada pela adição de 50 µL de extrato bruto a uma solução contendo 13 mM de metionina, 75 µM de NBT, 100nM de EDTA e 2 µM de riboflavina em 3,0 mL de tampão fosfato de potássio 50mM, pH 7,8. A reação foi iniciada pela iluminação dos tubos, em câmara composta por tubos fluorescentes (15 W), a 25°C. Após 5 minutos de incubação, o final da catálise foi determinado pela interrupção da luz (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977).

O composto azul formado (formazana) pela fotorredução do NBT foi determinado pela leitura em espectrofotômetro a 560 nm. Os tubos testemunha receberam os mesmos reagentes, porém foram mantidos cobertos com papel alumínio, portanto, abrigados da luz. Uma unidade de SOD foi definida como a atividade da enzima necessária para a inibição de 50% da fotorredução do NBT. Para o cálculo da atividade específica da enzima

SOD, considerou-se a porcentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra ($\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$).

5.6.4.2.3 Peroxidase (PO)

A atividade da enzima PO foi determinada a partir da diluição (1:25) de 100 μL de extrato bruto e adicionados a 4,9 mL de solução tampão fosfato de potássio 25 mM, pH 6,8 contendo 20 mM de Pyrogallol e 20 mM H_2O_2 . Após incubação por 1 minuto a reação foi paralisada com 0,5 mL de H_2SO_4 e a leitura da absorbância feita a 420 nm. Para o cálculo da atividade específica ($\mu\text{Kat } \mu\text{g}^{-1}$ de proteína) da enzima PO foi utilizado um coeficiente de extinção molar de $2,47 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (PEIXOTO *et al.* 1999).

5.6.4.2.4 Polifenoloxidase (PPO)

A atividade da enzima PPO foi obtida pelo método descrito por Poting e Joslyng (1948). A obtenção de extrato para a atividade da polifenoloxidase foi feita, segundo a metodologia proposta por Mazzafera e Robinson (2000). O meio de extração foi composto de tampão fosfato de potássio 0,1M, pH 7,0, contendo 2% de ácido ascórbico e 20% de polivinilpirrolidona (PVPP) (peso/peso). Após agitação por 20 minutos, o extrato foi centrifugado a 36.000 g por 20 minutos, e o sobrenadante retirado. A atividade da enzima foi determinada, utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina), como branco. Foi realizada a curva padrão. A leitura da enzima polifenoloxidase foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e os resultados expressos em $\text{U min.}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de grãos (U é a unidade de atividade enzimática equivalente a 0,001 da densidade ótica por minuto)

5.6.4.3 Caracterização do perfil proteico dos cafés

5.6.4.3.1 Perfil eletroforético de Enzimas

Para análise eletroforética das isoenzimas foram pesados 100 mg de cada tratamento dos grãos e moídas como descrito no item 5.6.4. A extração dessas enzimas foi efetuada, adicionando-se a 100 mg do pó 200 µl do tampão de extração (0,2 M Tris, pH 8,0, 0,1% β mercaptoetanol, 0,4% PVP, 0,4% PEG, 1mM EDTA), homogeneizados em vortex e, posteriormente, incubados em gelo em geladeira por 2 horas. Após esse tempo as amostras foram centrifugadas a 14.000 xg, a 4°C por 20 minutos. Em seguida, retirou-se o sobrenadante e 10 µL desse foram aplicados em géis de poliacrilamida a 4,5% (gel concentrador) e 7,5% (gel separador). A corrida eletroforética foi realizada a 150 V durante 4 horas. Os géis foram revelados para: catalase (CAT), peroxidase (PO), polifenoloxidase (PPO) e superóxido dismutase (SOD), de acordo com metodologia descrita por Alfenas e Brune (2006). Fez-se também o perfil da esterase (EST), porém, não é uma enzima antioxidante.

5.6.4.3.2 Proteínas resistentes ao calor (*LEA*)

Para análise eletroforética das proteínas resistentes ao calor foram pesados 100 mg de grãos e moídos, como descrito no item 5.6.4 de cada tratamento, em microtubos. A extração das proteínas foi efetuada, adicionando 1000 µL de tampão (5 mM tris-HCL, pH=7,5; 500 mM NaCl; 5mM MgCl₂; 1 mM PMSF) e Antipain em proporção de 5 mg para cada mL de tampão em 200 mg do pó. Em seguida, os microtubos foram agitados em Vortex e centrifugados a 14.000 xg por 20 minutos a 4°C.

O sobrenadante foi incubado em banho-maria a 85°C, por 15 minutos e, novamente, centrifugado por 30 minutos a 14.000 xg. Posteriormente, o sobrenadante foi vertido em microtubos. Coletou-se 70 µL do extrato, que foram transferidos para microtubos limpos e adicionou-se 40 µL de tampão (5 mL de glicerol, 2,5 mL de solução tampão do gel

concentrador, 2,5 mg de azul de bromofenol e completado o volume para 40 mL com água destilada). Em seguida, foram levados ao banho-maria em ebulição por 5 minutos. Em cada canaleta do gel de poliacrilamida SDS-PAGE a 12,5% (gel separador) e 6% (gel concentrador) aplicou-se 50 μ L de cada amostra. Em uma canaleta aplicou-se 10 μ L de amostra do padrão da proteína. A corrida eletroforética foi realizada com tampão de corrida Tris-glicina + SDS pH 8,0 a 150 V por 4 horas.

Os géis foram corados em Coomassie Blue (0,5 g Coomassie Blue R-250; 250 mL de etanol; 50 mL de ácido acético glacial, completando o volume até 500 mL com água destilada), durante 12 horas e descorados em solução de ácido acético 10% e etanol 5%, conforme Alfenas e Brune (1998).

5.6.5 Caracterização dos ácidos graxos

A análise da composição de ácidos graxos foi realizada, utilizando-se cromatografia gasosa e metodologia AOCS. O cromatógrafo a gás proporciona cromatografia de alta resolução (CGAR), usando coluna capilar de SP-2340 (30 m), de acordo com a metodologia usada por LERCKER et al. (1996b). A metodologia da extração do material para a análise encontra-se no Anexo 9.

5.8 Procedimento estatístico

Para avaliar os efeitos dos métodos de processamento e de secagem, em cada tempo de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses), foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente ao caso em esquema fatorial 2x4x5 (2 métodos de processamento – café natural (T_A) e café despulpado (T_B), 4 métodos de secagem – terreiro (T_1), temperatura 40°C (T_2), 60°C (T_3) e 60/40°C (T_4) e 5 tempos de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses), com 3 repetições.

Os dados obtidos foram analisados pelo programa computacional Sisvar 4.3, segundo Ferreira (2003). Com o objetivo de relacionar as alterações da qualidade dos grãos proveniente dos diferentes sistemas de processamento e secagem as variáveis qualitativas dos grãos de cafés beneficiados foram submetidas à análise de variância e para comparação entre médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização do processo de secagem

Os valores médios da temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a secagem e os teores de água inicial e final do café em terreiro e com ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C, para o café natural e despulpado, são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 Valores médios de teor de água dos cafés e condições do ar de secagem.

Café	Tratamentos	Teor de água (bu)		Condições de secagem na massa		Tempo de secagem (h)
		Inicial	Final	T (°C)	UR (%)	
Despulpado	60°C	41,76	11,15	60	7	9
Natural	60°C	46,07	11,33	60	7	16
Despulpado	60/40°C	41,76	11,22	60/40	7/19	15
Natural	60/40°C	46,07	11,12	60/40	7/19	42
Despulpado	40°C	41,76	11,24	40	19	24
Natural	40°C	46,07	11,30	40	19	66
Despulpado	Terreiro	56,5	11,13	23,15	47,85	162
Natural	Terreiro	65,6	11,33	23,15	47,85	238

Durante a secagem em terreiro ocorreram temperaturas (T) diurnas entre 18,3 e 28°C e umidades relativas (UR) entre 34,5 e 61,2%. O café natural iniciou a secagem em terreiro com 62,5% \pm 1 (bu) e o café despulpado com 56,5 \pm 1 (bu) de umidade média, nas três repetições. Na secagem com ar aquecido a 40°C, a UR era de 19%, e com a elevação da temperatura do ar de secagem para 60°C, a UR atingiu 7%. No início da secagem mecânica, observou-se para o café despulpado, o teor de água de 41,76% (bu) e, para o natural, 46,07% (bu), os quais foram reduzidos até 11% (bu), momento que a secagem foi interrompida. Importante ressaltar que nos métodos de secagem com ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C, o teor de água encontrava-se com valores mais baixo no início da secagem em relação método de secagem em terreiro devido a pré-secagem em terreiro de 2 dias para o café natural e 1 dia para o despulpado.

6.2 Caracterização das condições do armazenamento

Na fase inicial do armazenamento (0, 3, 6 meses) os valores de temperatura (T °C) e umidade relativa (UR %) do ar ambiente variaram entre 18°C a 33°C e 60% a 88% respectivamente, e dos seis meses até o final do armazenamento, entre 19°C \pm 2 e a 62% \pm 5. A variação desses parâmetros (Figura 8) durante o armazenamento contribuiu com as alterações no teor de água do café natural e despulpado obtidos de diferentes tratamentos de secagem (terreiro e com ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C).

As alterações dos grãos ao longo do armazenamento estão relacionadas com as condições do próprio grão e do ambiente que o envolve. Segundo Silva (2008) e Borém (2008), o teor de água do grão, a umidade relativa e a temperatura do ar ambiente, são as principais responsáveis por essa variação. As injúrias provenientes do processamento e/ou secagem, contribuem para a aceleração da atividade metabólica do produto, aumentando a respiração (PIMENTA et al., 2008), a atividade enzimática (MALTA et al., 2002; LOPES et al., 2000; PIMENTA et al., 2004). Acredita-se que a interação do conjunto dessas variáveis é responsável pelos processos deteriorativos dos grãos e que essas alterações corroboram para a perda da qualidade da bebida do café armazenado.

De modo geral, observou-se que a variação nos teores de água acompanhou as oscilações da temperatura e umidade relativa do ar ambiente, entretanto, numa comparação criteriosa, verificou-se que no café despulpado o teor de água variou menos em relação ao café natural. Acredita-se que uma maior variação no teor de água, contribuiu para uma contínua respiração, assim, acelerando o processo metabólico.

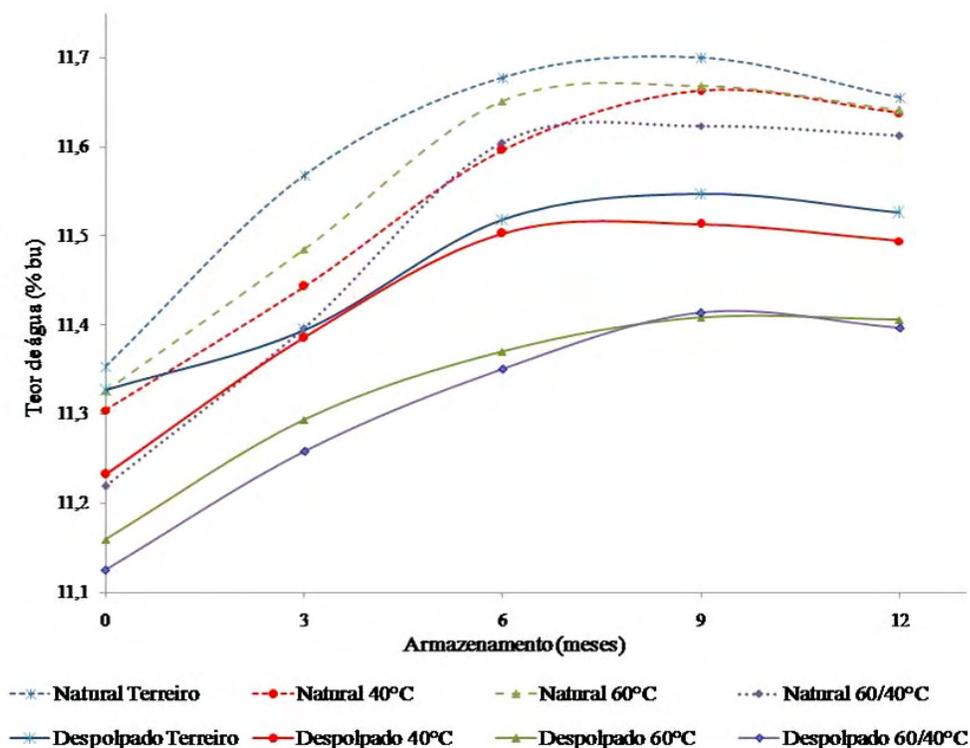


FIGURA 8 Valores médios do teor de água, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Se por um lado, a casca é um importante mecanismo de proteção durante o armazenamento (CARVALHO JÚNIOR et al., 2003 e CORADI et al., 2008), principalmente, devido as injúrias mecânicas e variações ambientais (GODINHO et al. 2001) por outro lado, essa pode contribuir na formação e ação de microrganismos (OLIVEIRA et al., 2001) e, por consequência, favorecer as interações bioquímicas (AFONSO JÚNIOR et al., 2004; BORÉM, 2008; SANTOS et al., 2009). O endosperma é a parte mais importante do grão do ponto de vista econômico, desta forma, o correto manejo nos processos pós-colheita contribuem para a manutenção composição química.

6.3 Caracterização da qualidade do café

6.3.1 Qualidade sensorial dos grãos dos cafés

Pela avaliação proposta pela Specialty Coffee Association of America – SCAA (2009), a qualidade é quantificada, com escala decimal de zero a cem pontos, e cafés com pontuação entre 80 e 84 são especiais, os que têm notas entre 75 e 80 são cafés muito bons, e cafés bons de 70 a 75 pontos.

Na média das notas resultantes das análises sensoriais (Tabela 2), verificam-se diferenças significativas entre os tratamentos ao longo do armazenamento (mês 0, 6, 12). Contudo, vale ressaltar que os cafés, independente, das condições de processamento, secagem e armazenamento podem ser classificados como especial e muito bom, exceção aos cafés natural 60/40°C e 60°C aos 12 meses.

TABELA 2 Valores médios das notas da análise sensorial dos cafés ao longo armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento		
	0 meses	6 meses	12 meses
Natural Terreiro	82,22 ab A a	80,58 a A b	77,57 a B c
Natural 40°C	82,42 a A a	80,83 a A b	77,50 a B c
Natural 60/40°C	81,91 b B a	77,75 b B b	74,04 bB c
Natural 60°C	81,92 b B a	77,67 b B b	73,33 b B c
Despulpado Terreiro	82,38 a A a	80,75 a A b	79,99 ab A b
Despulpado 40°C	82,54 a A a	80,84 a A b	80,13 a A b
Despulpado 60/40°C	82,46 a A a	80,46 a A b	79,97 ab A b
Despulpado 60°C	82,18 a A a	80,33 a A b	78,86 b A c

*CV 0,29

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

No início do armazenamento, estatisticamente, o método de secagem interferiu na qualidade da bebida do café natural, observando-se que nos tratamentos terreiro e 40°C as melhores bebidas. Os tratamentos 60°C e 60/40°C, embora sensorialmente, também, classificados como cafés especiais, foram inferiores. Por sua vez, no café despulpado, verificou-se que a qualidade de bebida não foi afetada significativamente pelo método de secagem. Na primeira análise sensorial, com médias entre 81,88 a 82,42 no café natural, e entre 82,18 a 82,54 no café despulpado, os cafés pela escala de notas de proposta, são especiais.

Aos 6 meses de armazenamento, verificou-se que, exceto o café o natural, secado a 60/40°C e 60°C, os demais continuam com notas no intervalo dos cafés especiais. Estes cafés, pela pontuação, são cafés muito bons. Aos 12 meses de armazenamento, o café despulpado 40°C continua sendo classificado como café especial, por sua vez, os tratamentos terreiro, 60/40°C e 60°C, assim como, o café natural dos tratamentos 40°C e terreiro, enquadram-se na categoria dos cafés muito bons. Por outro lado, no café natural dos tratamentos 60/40°C e 60°C, a qualidade sensorial alterou consideravelmente, embora apresentassem sabor residual não desejável, ainda são cafés bons.

Em resumo, as melhores notas foram encontradas para o café despulpado, independente dos métodos de secagem, assim, pode-se afirmar que o processamento associado à secagem interferiu na qualidade da bebida de café ao longo dos dozes meses de armazenamento. Este resultado corrobora com os obtidos por Borém et al. (2006); Coradi et al. (2007); Marques et al. (2008) que associam a elevação da temperatura, bem como, o tempo de armazenamento (CORADI et al., 2008) com a redução da qualidade da bebida.

6.3.2 Qualidade físico-química dos grãos dos cafés

A composição química do grão beneficiado resulta da interação genótipo e ambiente e das condições de manejo na produção e processamento após a colheita processamento, requerendo especial atenção, a fim de manter preservadas as suas qualidades.

6.3.2.1 Resíduo mineral fixo (teor de cinzas)

Na Tabela 3 encontram-se expressos os valores médios da variação dos teores de resíduo mineral fixo ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) dos cafés ao longo do armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses).

TABELA 3 Valores médios dos teores de cinzas (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	3,04aAb	3,14aAb	3,45bAa	3,60aAa	3,13aAb
N 40°C	3,12aAb	3,15aAb	3,44aAa	3,42aAa	3,12aAb
N 60/40°C	2,98aAb	3,12aAb	3,42bAa	3,38aAa	3,04aAb
N 60°C	2,94aAb	3,15aAb	3,46bAa	3,48aAa	3,15aAb
D T	3,21aAb	3,17aAb	3,38aAa	3,54aAa	3,11aAb
D 40°C	3,09 aAb	3,16aAb	3,32aAa	3,56aAa	3,14aAb
D 60/40°C	3,03aAb	3,14aAb	3,31aAa	3,39aAa	3,09aAb
D 60°C	2,95aAb	3,13aAb	3,30aAa	3,32aAa	3,07aAb

* CV 2,12%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

A partir dos dados verificou-se que o método de processamento e os tratamentos de secagem não tiveram efeito significativo no teor de cinza dos cafés, porém, observou-se variação significativa no armazenamento. Entretanto, os teores de cinzas variaram sem tendência definida, tanto no café natural quanto no café despulpado ao longo do

armazenamento. A variação observada, elevação ou redução dos valores dos teores de cinzas, provavelmente, seja em função das oscilações do teor de água dos cafés (Figura 8).

Verificou-se variação de $0,0295 \mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$ a $0,032 \mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$ nos teores de resíduo mineral fixo, ao longo do tempo de armazenamento, esses valores encontram-se abaixo dos obtidos por Fernandes et al. (2001) comparando cafés de diferentes safras 3,44% e 3,47% e do valor 4,84% obtido por Silva et al. (2007) em pó de café.

Cabe ressaltar, os valores de todos os tratamentos encontram-se bem inferiores ao limite preconizado pela legislação nacional da resolução n° 12/78 (BRASIL, 2004), que para grãos de café verde não deve ultrapassar de ao teor de 5%.

Apesar das oscilações verificadas indicarem efeito significativo entre os tempos de armazenamento, de modo geral, os teores de cinzas oscilaram sem tendência definida ao longo do armazenamento, assim, não sendo possível estabelecer uma relação direta entre essas variações e o armazenamento. Considerando que o teor de cinzas está relacionado à estabilidade, qualidade e composição da bebida dos cafés e, reportando a variação relativamente baixa, pode-se dizer que a alteração do teor de resíduo mineral nos cafés ao longo do armazenamento não contribuiu para a depreciação da qualidade sensorial (Tabela 2). Dessa forma, não sendo possível estabelecer uma relação direta entre a variação dos teores de cinzas e a qualidade sensorial dos cafés.

Ainda, a crescente preocupação com os índices de resíduo mineral fixo justificam-se em função da cinza de um alimento ser o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica e é transformada em CO_2 , H_2O e NO_2 . Segundo Cecchi (2003) o resíduo mineral é constituído, principalmente, de grandes quantidades de K, Ca, Na e Mg, e pequenas quantidades de Al, Fe, Cu, Mg e Zn, bem como traços de I, Fe outros elementos. Esses minerais se consumidos em altas concentrações, vão acumulando no organismo e, em excesso, tornam-se tóxicos.

6.3.2.2 Resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico 10%

Na Tabela 4 encontram-se expressos os valores médios da variação de resíduo mineral fixo insolúveis ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) dos cafés ao longo do armazenamento.

TABELA 4 Valores médios dos teores de cinzas insolúveis, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	0,83aAa	0,92 aAa	0,84 aAa	0,92 aAa	0,81 aAa
N 40°C	0,85 aAa	0,91 aAa	0,93 aAa	0,87 aAa	0,83 aAa
N 60/40°C	0,82 aAa	0,89 aAa	0,86 aAa	0,88 aAa	0,82 aAa
N 60°C	0,82 aAa	0,92 aAa	0,85 aAa	0,89 aAa	0,85 aAa
D T	0,84 aAa	0,88 aAa	0,89 aAa	0,90 aAa	0,88 aAa
D 40°C	0,85 aAa	0,92 aAa	0,85 aAa	0,92 aAa	0,85 aAa
D 60/40°C	0,83 aAa	0,89aAa	0,86 aAa	0,87 aAa	0,85aAa
D 60°C	0,81 aAa	0,88 aAa	0,86 aAa	0,86 aAa	0,83 aAa

* CV 2,09%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *itálico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

Os índices de cinzas insolúveis em ácido clorídrico estão relacionados à pureza e a verificação de adição de matéria mineral a alimentos, como sujeiras, cascas, areias entre outras. Entretanto, o parecer pode indicar um índice de cinzas insolúveis em ácido clorídrico dentro do normal e, do teor de cinzas totais, fora dos padrões estabelecidos pela legislação. Tal efeito, conforme Oliveira e Agostini (2009) podem ser atribuídos a vários fatores, entre eles, o baixo teor de extrato etéreo e o baixo teor de extrato alcoólico.

Durante o armazenamento, houve variação no teor de água dos cafés e, por consequência, pode elevar o teor de cinzas. Pela determinação do teor de resíduo mineral fixo insolúvel constatou-se que as amostras de café natural e despulpado em suas três

repetições apresentaram índices de cinzas insolúveis em ácido clorídrico 10%, aceitáveis pela legislação (BRASIL, 2004), que preconiza que estas não devem ultrapassar de 1%.

O teor de cinzas está associado ao aspecto higiênico-sanitário do produto. Pelos resultados (Tabela 4), pode-se dizer que a qualidade dos cafés armazenados está adequada neste parâmetro, ou que ao menos não sofreram alteração considerável no processamento, secagem e armazenamento, principalmente, considerando, as operações pós-colheita, a embalagem e o tempo de estocagem.

6.3.2.3 Extrato Etéreo (EE)

A partir dos ensaios realizados verificou-se que os valores médios dos teores de extrato etéreo de todas as amostras de café natural e despulpado estão de acordo com o valor preconizado pela legislação (BRASIL, 2004), que em café verde, estabelece o parâmetro mínimo de 10% de extrato etéreo. Foi verificado que o tratamento de secagem 60/40°C mostrou diferença significativa entre o café natural e despulpado no início do armazenamento, porém, durante o armazenamento apenas o café natural 60/40°C mostrou diferença significativa. Os demais tratamentos não apresentaram efeito significativo ao longo do armazenamento (Tabela 5).

No presente estudo, os valores de extrato etéreo apresentaram-se dentro da faixa daquele observados por Licciardi et al. (2005) em cafés de épocas diferentes, que foram de 12,30 a 18,80%, de 12,31 a 18,87% e de 13,06 a 18,48%, e superiores aos teores de 11,10 a 13,01% obtidos por Barbosa et al. (2002) e de 11,12% observado por Fernandes et al. (2001), porém, ligeiramente inferiores aos valores 17,02% e 17,58% obtidos de grãos café arabica torrados por Fernandes et al. (2003).

Na Tabela 5 encontram-se expressos os valores médios de extrato etéreo ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) dos cafés ao longo do armazenamento.

TABELA 5 Variações médias do teor de extrato etéreo (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	16,32 aAa	16,39 aAa	16,32 aAa	16,30 aAa	16,20 aAa
N 40°C	16,33 aAa	16,52 aAa	16,47 aAa	16,37 aAa	16,26 aAa
N 60/40°C	16,22 aAa	16,39 aAa	16,43 aAa	16,31 aAa	16,19 aAa
N 60°C	16,33 aAa	16,47 aAa	16,45 aAa	16,26 aAa	16,13 aAa
D T	16,30 aAa	16,41 aAa	16,45 aAa	16,27 aAa	16,17 aAa
D 40°C	16,31 aAa	16,37aAa	16,25 aAa	16,30 aAa	16,22 aAa
D 60/40°C	16,21 aAa	16,42 aAa	16,34 aAa	16,21 aAa	16,15 aAa
D 60°C	16,31 aAa	16,42 aAa	16,50 aAa	16,35 aAa	16,27 aAa

*CV 0,59%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

Estudos relacionam o teor de extrato etéreo dos grãos aos atributos sensoriais e, em função dos processos de hidrólises e oxidações, esse constituinte pode alterar de forma expressiva a qualidade desses. Os resultados revelaram que os valores de extrato etéreo oscilaram, aumentando ou diminuindo, sem, no entanto, ter alterado significativamente no final do armazenamento (Tabela 5). A variação constatada pode estar relacionada a processos metabólicos nos grãos em função do estresse do tempo de armazenamento.

De acordo com Fernandes et al. (2001) altos índices de redução de extrato etéreo, ocorrem em função do tempo de armazenamento do produto, por outro lado, a elevação de extrato etéreo pode ser associada ao índice de defeitos (COELHO; PEREIRA, 2002). Para Barbosa et al. (2002) não há relação direta entre a qualidade dos grãos e os

diferentes teores de extrato etéreo desses grãos. Os resultados deste estudo corroboram com essa afirmação, uma vez que, as oscilações observadas nos valores de extrato etéreo (Tabela 5) não se identificam com as alterações sensoriais (Tabela 2).

6.3.2.4 Proteína Bruta (PB)

Na Tabela 6, encontram-se expressos as variações dos teores de proteína bruta (%) dos cafés ao longo do armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses).

TABELA 6 Valores médios de proteína bruta (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	16,18 aAb	16,42 aAa	16,48 aAa	16,51 aAa	16,56 aAa
N 40°C	16,20 aAb	16,42 aAa	16,49 aAa	16,54 aAa	16,57 aAa
N 60/40°C	16,22 aAb	16,39 aAab	16,42 aAa	16,43 aAa	16,56 aAa
N 60°C	16,31 aAb	16,41 aAab	16,39 aAb	16,48 aAa	16,61 aAa
D T	16,19 aAb	16,24 aBb	16,27 aBb	16,32 aBa	16,44 aBa
D 40°C	16,18 aAb	16,24 aBb	16,35 aBa	16,35 aBa	16,43 aBa
D 60/40°C	16,19 aAb	16,21 aBb	16,24 aBb	16,33 aBa	16,43 aBa
D 60°C	16,17 aAb	16,28 aBb	16,30 aBb	16,36 aBa	16,45 aBa

*CV 0,69%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

Analisando os valores médios de proteína bruta, verificou-se que a época da coleta influenciou nos valores obtidos, pois à medida que se prolongou o tempo de armazenamento obteve-se maior teor de proteína bruta, com variação média no café natural de 16,10 a 16,66% e no café despulpado de 16,18 a 16,39%. A variação verificada ao longo do armazenamento pode ser associada a danos latentes e às oscilações do teor de água nos grãos.

Independente dos métodos de secagem, a variação de proteína bruta foi similar nos cafés à medida que se prolongou o tempo de armazenamento, porém, no café natural a variação foi mais acentuada e, estatisticamente, verificando diferenças significativas entre café natural e despulpado nos últimos 6 meses (Tabela 6).

O café beneficiado grão cru contém quantidades de proteínas variáveis e, a qualidade dos grãos pode interferir nos valores dessas. Os valores obtidos neste estudo são concordantes com os obtidos por Fernandes et al. (2000; 2001) e Lopes (2000) que observaram de 14,88 a 16,62%, de proteína bruta em cafés arábica, e pouco acima dos valores de 15,36 e 15,56% verificado por Fernandes et al. (2003) e de 15,75% por Silva et al. (2007) em grãos torrados. Por outro lado, Coelho e Pereira (2002) observaram aumento significativo de proteínas com a inclusão de defeitos aos grãos.

As proteínas presentes no café beneficiado grãos cru são componentes que pelo processo de torrefação participa na formação do aroma e sabor da bebida dos cafés. Analisando os teores médios de proteína bruta, verificou-se que a época da coleta influenciou nos valores obtidos, pois à medida que se prolongou o tempo de armazenamento obteve-se maior teor de proteína bruta, com variação média no café natural de 16,10 a 16,66% e no café despulpado de 16,18 a 16,39%. A variação verificada ao longo do armazenamento pode ser associada a danos latentes e às oscilações do teor de água nos grãos (Tabela 6).

Independente dos métodos de secagem, a variação nos valores de proteína bruta foi similar nos cafés em função do estresse do tempo de armazenamento, porém, no café natural a variação foi mais acentuada. Estatisticamente, foram verificadas diferenças significativas entre café natural e o despulpado nos últimos 6 meses.

Observando o resultado de teores proteicos (Tabela 6) e comparando com a avaliação sensorial, verificou-se que os valores de proteína alterou sua composição, inversamente com a qualidade sensorial (Tabela 2). As maiores alterações relacionam-se aos cafés de qualidade sensorial inferior. A alteração nos processos metabólicos, em função dos

danos mecânicos relacionados ao estresse de processamento, secagem e armazenamento, podem ter contribuído, elevação dos valores de PB e, consequência, com a redução da qualidade da bebida dos cafés. Contudo, de acordo com Coelho e Pereira (2002), as alterações dos valores proteicos, em função das alterações metabólicas nos grãos, podem ser atribuídas não apenas a quebra de proteínas intracelulares ou da parede celular, mas a síntese de outros compostos nitrogenados.

Vale ressaltar que, o teor de proteína tem participação na formação dos atributos especiais da bebida de café, visto que, este evita que os elementos químicos volatizem durante o processo de torrefação dos grãos. Entretanto, os processos hidrolíticos podem alterar a composição proteica, assim deixando volatilizar os componentes, bem com, alterar o aroma e sabor da bebida (VILAS BOAS et al., 2001).

6.3.2.5 Fibra bruta (FB)

Analisando os valores (Tabel 7), verificou-se pequena variação nos teores de fibra bruta à medida que houve prolongamento no armazenamento, entretanto, não foram observadas diferenças significativas, independente, do método de processamento e tratamento de secagem empregada.

Pelos resultados, foi possível verificar semelhança entre os valores do café natural e do despulpado. A pequena variação dos valores de fibra bruta (%) pode ser devido ao fato de que a celulose, hemicelulose e lignina estão mais ligadas à estrutura da parede celular, não sofrendo grandes modificações durante o processamento.

Na Tabela 7, encontram-se expressos os valores médios dos teores de fibra bruta (%), obtida ao longo do armazenamento de grãos de café natural e despulpado obtidos de diferentes métodos de secagem.

TABELA 7 Valores médios dos teores de fibra bruta (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	29,60 aAa	29,58 aAa	29,61 aAa	28,60 aAa	29,53 aAa
N 40°C	29,52 aAa	29,52aAa	29,48 aAa	29,54 aAa	29,54 aAa
N 60/40°C	29,49 aAa	29,54aAa	29,60 aAa	29,60 aAa	29,59 aAa
N 60°C	29,49 aAa	29,54 aAa	29,62 aAa	29,61 aAa	29,58 aAa
D T	29,67 aAa	29,58 aAa	29,54 aAa	29,62 aAa	29,58 aAa
D 40°C	29,52 aAa	29,57 aAa	29,58 aAa	29,62 aAa	29,60 aAa
D 60/40°C	29,51 aAa	29,58 aAa	29,61 aAa	29,59 aAa	29,61 aAa
D 60°C	29,51 aAa	29,54 aAa	29,58 aAa	29,57 aAa	29,62 aAa

*CV 1,56%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$

Os valores de fibra bruta obtidos neste estudo foram superiores aos expressos por Silva et al. (2007) que em pó de café observaram 14,22%; Pádua et al.(2002) com valores variando entre 15,82% para cafés padrão de bebida dura e 14,86% para café conilon; Fernandes et al. (2001), em café arabica safra 2000 e 1998/1999 que verificaram teores de 17,50% e 16,47%, respectivamente; Pereira et al. (2000) para cafés arabica 16,32% e conilon 15,54% submetidos a diferentes tipos de pré-processamento; e, Coelho e Pereira (2002) constataram 21,50% em grãos sem defeitos e 15,40% ao adicionar de defeitos aos grãos. Lago et al. (2002) citam valores de 23,47, 20,85 e 16,22% obtidos de amostras de café torrado proveniente de diferentes empresas de torrefação.

As diferenças observadas entre o presente estudo e as pesquisas citadas, podem estar relacionadas à metodologia aplicada na quantificação, origem da matéria-prima, principalmente, mistura de variedades, variabilidade genética, entre outros.

Ao longo do armazenamento a redução de FB e, por consequência, a qualidade da bebida dos cafés é associada aos danos latentes em função dos processos pós-colheita (COELHO; PEREIRA, 2002; FERNANDES et al., 2001; PEREIRA et al., 2000). Neste estudo, os resultados aos 12 meses de armazenamento evidenciaram pequena variação nos valores de fibra bruta dos grãos para os cafés (Tabela 7), independente do método de processamento e condições de secagem, por outro lado, na avaliação sensorial houve uma redução significativa na qualidade da bebida do café natural (Tabela 2). Assim, pode-se afirmar que a variação da FB não interferiu na alteração da qualidade da bebida dos cafés.

6.3.2.6 Fibra em detergente neutro (FDN)

Nos valores médios de fibra em detergente neutro (Tabela 8), foram observadas variações com aumentos e reduções de FDN com a elevação no tempo dos cafés armazenados. Mesmo observando variações ao longo do armazenamento, essas alterações não afetaram de forma expressiva os grãos e, conseqüentemente, não degradando a parede celular dos mesmos. Segundo Pimenta et al. (2004) isto ser indicativo da não influência dos demais componentes da fração fibrosa desses grãos. Importante ressaltar que a FDN é basicamente constituída de celulose, hemicelulose, lignina e sílica (SILVA, 1998).

Os valores obtidos nos teores de fibra em detergente neutro são inferiores aos valores de 59,86 a 61,67% apresentados por Pimenta et al. (2004) em cafés *arabica* submetidos a diferentes tempos à espera da secagem, e, superiores aos valores de 45,87% a 48% observados por Pinto et al. (1999) para grãos de café com diferentes qualidades de bebida. Para estes autores, a variação não mostra relação com os padrões de bebida, o mesmo foi observado neste estudo. Esta afirmação foi confirmada neste estudo, visto que, não houve diferenças significativas nos valores de FDN entre os cafés (Tabela 8), entretanto, na análise sensorial houve diferenças significativas na qualidade dos cafés (Tabela 2).

Os valores médios de fibra em detergente neutro (%), ao longo do armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, encontram-se representados na Tabela 8.

TABELA 8 Valores dos teores de fibra em detergente neutro (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	53,22 aAa	53,25 aAa	53,39 aAa	53,54 aAa	53,26 aAa
N 40°C	53,23 aAa	53,25 aAa	53,39 aAa	53,55 aAa	53,26 aAa
N 60/40°C	53,22 aAa	53,24 aAa	53,40 aAa	53,53 aAa	53,27 aAa
N 60°C	53,23 aAa	53,25 aAa	52,40 aAa	53,53 aAa	53,27 aAa
D T	53,21 aAa	53,23 aAa	53,40 aAa	53,50 aAa	53,24 aAa
D 40°C	53,20 aAa	53,23 aAa	53,39 aAa	53,50 aAa	53,23 aAa
D 60/40°C	53,21 aAa	53,22 aAa	53,39 aAa	53,49 aAa	53,24 aAa
D 60°C	53,22 aAa	53,22 aAa	53,41 aAa	53,50 aAa	53,24 aAa

*CV 1,09%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha para os tratamentos de secagem, maiúsculas nas colunas, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

6.3.2.7 Fibra em detergente ácido (FDA)

Na Tabela 9 são representados os valores médios de fibra em detergente ácido (FDA%), ao longo do armazenamento para o café natural e o despulpado, obtidos por diferentes métodos de secagem.

TABELA 9 Valores médios de fibra em detergente ácido (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	31,85 aAa	31,76 aAa	31,54 aAab	31,32 aAb	30,96 aBc
N 40°C	31,83 aAa	31,79 aAa	31,51 aAab	31,33 aAb	30,99 aBc
N 60/40°C	31,84 aAa	31,78 aAa	31,54 aAab	31,37 aAb	30,92 aBc
N 60°C	31,83 aAa	31,78 aAa	31,52 aAab	31,36 aAb	30,96 aBc
D T	31,73 aAa	31,69 aAa	31,54 aAab	31,45 aAb	31,45 aAb
D 40°C	31,71 aAa	31,68 aAa	31,56 aAab	31,44 aAb	31,47 aAb
D 60/40°C	31,74 aAa	31,72 aAa	31,54 aAab	31,43 aAb	31,46 aAb
D 60°C	31,72 aAa	31,69 aAa	31,55 aAab	31,45 aAb	31,45 aAb

*CV 1,40%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, foi possível verificar, para o café natural, nas condições de secagem, foram observadas diferenças significativas aos 12 meses de armazenamento, o mesmo ocorrendo para o café despulpado nas mesmas condições de secagem.

Os valores de FDA apresentaram variação entre 31,85 e 30,92% para café natural e 31,73 e 31,45% para café despulpado. Estes resultados são coerentes com Pimenta et al. (2004) que verificaram de 30,33 a 32,27% e superiores a variação de 19,25% a 20,87% observada por Pinto et al. (1999) para grãos de café com diferentes qualidades de

bebida. Para estes autores, a variação ocorreu sem tendência definida e não mostrou relação com os padrões de bebida.

Importante ressaltar que a fibra em detergente ácido é basicamente constituída de celulose, lignina, cinzas e sílica (SILVA, 1998). A variação dos valores de FDA apresenta relação inversa com o tempo de armazenamento, provavelmente, em função da celulose e lignina presentes na parede celular que constituem os grãos. A variação significativa na qualidade da bebida do café (Tabela 2), em função do estresse de processamento, secagem e do tempo de armazenamento, não foi confirmada na alteração nos valores de FDA dos cafés (Tabela 8), contudo, é possível observar menor variação de FDA para os cafés que apresentaram a melhor qualidade de bebida (Tabela 2). Portanto, a variação do teor da FDA pode ser relacionada às variações de qualidade dos cafés.

6.3.2.8 Celulose (C)

Os resultados médios dos teores de celulose (Tabela 10) mostraram que até o final do armazenamento ocorreu uma diminuição nos valores desse constituinte, e, da mesma forma, como foi verificado nos outros componentes, não houve uma tendência definida na variação do teor de celulose, considerando o processamento. Entretanto, observou-se um decréscimo significativo para o café natural no final do armazenamento.

Quanto a influência do tempo de armazenamento para cada processamento e condições de secagem, para o café natural, na variação dos valores de celulose foram verificadas diferenças significativas aos 6 e 12 meses de armazenamento, nas condições de secagem e, para o café despulpado foram verificadas diferenças significativas aos 6 meses. Do início até os 3 meses e dos 6 até 12 meses de armazenamento não foram observadas diferenças significativas para as condições de secagem.

Foi observada uma variação considerável ao longo do armazenamento. Os valores médios de celulose no início do armazenamento (Tabela 10) corroboram com Pimenta et al. (2004) que verificou de 22,5 a 24,60 % e no final, próximos de 18,75 e 19,87% citados por Pinto et al. (1999) para grãos de café com diferentes qualidades de bebida.

TABELA 10 Valores médios de celulose (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Secagem	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
NT	23,89 aAa	23,82 aAa	23,66 aAab	23,49 aAb	22,04 aBc
N 40°C	23,87 aAa	23,84 aAa	23,64 aAab	23,49 aAb	22,05 aBc
N 60/40°C	23,88 aAa	23,84 aAa	23,67 aAab	23,52 aAb	22,04 aBc
N 60°C	23,85 aAa	23,83 aAa	23,64 aAab	23,51 aAb	21,99 aBc
DT	24,70 aAa	24,69 aAa	24,54 aAab	24,43 aAb	24,39 aAb
D 40°C	24,68 aAa	24,68 aAa	24,56 aAab	24,42 aAb	24,39 aAb
D 60/40°C	24,69 aAa	24,67 aAa	24,52 aAab	24,43 aAb	24,39 aAb
D 60°C	24,68 aAa	24,69 aAa	24,55 aAab	24,40 aAb	24,36 aAb

*CV 0,11%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$

De acordo com Pimenta et al. (2004), a maior redução no teor de celulose pode ser em função de uma menor concentração da FDA, que em geral, neste período, reduz seu índice. No presente trabalho os índices de celulose foram diretamente proporcionais ao valor da FDA, pois à medida que houve decréscimo nos teores de celulose, o índice da FDA apresentou redução nos valores. Sendo o comportamento bastante semelhante nos demais tratamentos e tempos de armazenamento.

Relacionando-se o resultado do teor de celulose (Tabela 10) com os carboidratos (Figura 16, 17, 18 e 18), CE e LK (Figura 9 e 10) e sensorial (Tabela 2), observou-se existir relação entre esses constituintes e a qualidade dos cafés. O teor de celulose apresentou relação direta com os valores obtidos nos teores de carboidratos e notas sensoriais, e relação inversa aos teores de ácidos graxos e índices de íons de potássio lixiviados. Desta

forma, as alterações nos teores de celulose podem ser associadas à degradação gradativa dos carboidratos, enfraquecendo as estruturas das paredes celulares, e por consequência, a qualidade dos cafés.

6.3.2.9 Lignina (L)

Os valores médios de lignina (%), ao longo do armazenamento, para o café natural e o despulpado, obtidos de diferentes métodos de secagem encontram-se representados na Tabela 11.

TABELA 11 Variações médias do teor de lignina (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (meses)				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
NT	7,96 aAb	7,94 aAb	7,88 aAb	7,83 aAb	8,92 aAa
N40°C	7,96 aAb	7,95 aAb	7,87 aAb	7,84 aAb	8,94 aAa
N60/40°C	7,96 aAb	7,94 aAb	7,87 aAb	7,85 aAb	8,88 aAa
N60°C	7,98 aAb	7,95 aAb	7,88 aAb	7,85 aAb	8,97 aAa
DT	7,03 aBa	7,00 aBa	7,00 aBa	7,02 aBa	7,06 aBa
D40°C	7,03 aBa	7,00 aBa	7,00 aBa	7,02 aBa	7,08 aBa
D60/40°C	7,05 aBa	7,05 aBa	7,02 aBa	7,00 aBa	7,07 aBa
D60°C	7,04 aBa	7,00 aBa	7,00 aBa	7,05 aBa	7,09 aBa

*CV 0,19%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

Para a variável lignina, nos resultados para o café natural, nas condições de secagem foi verificado aumento significativo aos 12 meses de armazenamento, não ocorrendo o mesmo para o café despulpado nas mesmas condições de secagem, mesmo havendo variações entre os valores destes cafés, os resultados não permitem estabelecer uma relação entre os valores de lignina e os métodos de secagem.

As quantidades de lignina detectadas por Pinto et al. (1999) para grãos de café com diferentes qualidades de bebida variaram de 7,48 a 7,63% e por Pimentel et al. (2004) de 7,53 a 7,80%. Neste estudo, os valores obtidos para o café natural encontram-se pouco acima dessa faixa e os resultados médios para o café despulpado são pouco inferiores. Para o café natural foi observado oscilação na variação dos teores ao longo do armazenamento, porém, aos 12 meses está foi crescente para todos os métodos de secagem. No café despulpado os valores mantiveram-se praticamente inalterados, independente do método de secagem.

6.3.2.10 Hemicelulose (H)

Nos dados relacionados à hemicelulose (Tabela 12) foi possível observar que houve aumento nos valores, entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre o café natural e o despulpado, exceto, aos 12 meses de armazenamento. Quanto a influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar para o café natural, nas condições de secagem, não foram observadas diferenças significativas, com exceção, aos 9 e 12 meses, o mesmo ocorrendo para o café despulpado nas mesmas condições de secagem.

A semelhança dos resultados observada no café natural e despulpado para nos métodos de secagem (Tabela 11), provavelmente, se deve ao fato de que a celulose, hemicelulose e lignina integram, junto a outros constituintes à estrutura da parede celular. De acordo como Buckeridge et al. (2005) em função disso, as modificações destes constituintes pode ser em menores proporções.

TABELA 12 Valores médios dos teores de hemicelulose (%), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento				
	0 (meses)	3 (meses)	6 (meses)	9 (meses)	12 (meses)
N T	21,37 aAb	21,49 aAb	21,85 aAab	22,22 aAa	22,30 aAa
N 40°C	21,40 aAb	21,46 aAb	21,88 aAab	22,22 aAa	22,27 aAa
N 60/40°C	21,38 aAb	21,46 aAb	21,86 aAab	22,16 aAa	22,35 aAa
N 60°C	21,40 aAb	21,47 aAb	21,88 aAab	22,17 aAa	22,31 aAa
D T	21,48 aAb	21,54 aAb	21,86 aAa	21,95 aAa	21,99 aBa
D 40°C	21,49 aAb	21,55 aAb	21,83 aAa	21,96 aAa	21,96 aBa
D 60/40°C	21,47 aAb	21,50 aAb	21,85 aAa	21,96 aAa	21,98 aBa
D 60°C	21,50 aAb	21,53 aAb	21,86 aAa	21,95 aAa	21,99 aBa

*CV 1,05%

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna para os tratamentos de secagem, maiúsculas na coluna, para os métodos de processamentos e minúsculas *italico* na linha entre os tempos de armazenamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; $p < 0,05$.

Quantitativamente, os principais ingredientes das fibras derivam das paredes celulares das plantas (SILVA et al., 2007) e são polissacarídeos não-amiláceos insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina); outros fazem parte do material intercelular solúvel (algumas hemiceluloses e pectinas) e outros, ainda, são secretados pelos vegetais para desempenho de funções especializadas (gomas e mucilagens). Vale ressaltar, nos grãos do café, além dessas, também proteínas compõem a parede celular do endosperma. Desta forma, pode ser explicada a relação entre os valores de FB, FDN, FDA, lignina, celulose, hemicelulose com a bebida do café, contudo, vale ressaltar que, devem ser desenvolvidos novos estudos.

6.3.3 Qualidade fisiológica, química e bioquímica dos grãos dos cafés

6.3.3.1 Condutividade elétrica (CE), Lixiviação de potássio (LK) e Acidez graxa (AG)

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e, condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, para todas as condições de secagem, foram observadas diferenças significativas, o mesmo ocorrendo no café despulpado.

Houve efeito significativo entre o tratamento de secagem para cada método de processamento dos grãos sobre a CE, LK e AG. Quando comparadas todas as variáveis observou-se que a secagem com ar aquecido a 60°C interferiu de forma mais acentuada na integridade das membranas tanto para o café natural quanto para o despulpado, o mesmo ocorreu no café natural secado a 60°/40°C. Ao longo do armazenamento estes tratamentos apresentaram os maiores valores de CE, LK e AG (Figura 9).

No o início do armazenamento foram observados os maiores valores de CE no café natural, do tratamento 60°C e 60/40°C, e no café despulpado, no tratamento 60°C. Ao longo do armazenamento houve aumento gradativo e linear nos níveis de CE para todos os tratamentos, entretanto, essa variação foi mais expressiva no café natural obtidos da secagem a 60°C e 60/40°C (Figura 9a). Independente do método de processamento, os cafés obtidos de secagem em terreiro e a 40°C, e o café despulpado do tratamento 60/40°C, apresentaram variação não expressiva nos valores dos índices da CE.

Nos resultados dos valores médios da variação do teor de lixiviação de íons de potássio dos grãos dos cafés ao longo do armazenamento, para cada método de processamento e, condições de secagem, foram verificadas que os valores da lixiviação de potássio apresentaram a mesma tendência da condutividade elétrica (Figura 9). Foi verificada que houve efeito significativo do processamento em função dos métodos de secagem, ainda, a interação entre os fatores processamento, secagem e tempo de armazenamento mostraram diferenças significativas no armazenamento. Os dados da LK obtidos ao longo dos doze meses de armazenamento indicam que a elevação da temperatura do ar de secagem, bem como, o

prolongamento do tempo de armazenamento contribuiu significativamente com o aumento de lixiviação dos íons potássio lixiviado.

No início do armazenamento foi observado, que os maiores valores de LK se referem ao café natural (secagem 60°C e 60/40°C) e no despulpado a secagem a 60°C (Figura 9b), sendo possível afirmar que a temperatura aplicada causou efeito negativo, desestruturando as membranas celulares nos grãos desses cafés. Essa relação foi também constatada por Ribeiro et. al. (2003); Coradi et al. (2008) e Marques et al. (2008).

Por outro lado, o café despulpado e secado a 60/40°C apresentou valores de LK similares aos observados nos tratamentos 40°C e terreiro, indicando que houve menos danos nas membranas celulares no tratamento de secagem 60/40°C. A deterioração das estruturas de membranas reflete um processo de ruptura celular ocasionada pela rápida embebição de água pelos grãos e de acordo com Lima et al. (2008), sendo que quanto maior os danos em membranas, maior quantidade de eletrólitos é liberada na solução, resultando em maior valor de CE e LK. Para a lixiviação de potássio, vale ressaltar, que o método de secagem interferiu de forma imediata nos grãos processados por via úmida e secados a 60°C, corroborando com os resultados na CE (Figura 9).

Nos ácidos graxos, quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e, condições de secagem, foram observadas, também, diferenças significativas. Para o café natural foi observado um maior acréscimo de acidez graxa ao longo do armazenamento nos cafés com o aumento da temperatura, o mesmo ocorrendo para o café despulpado para as mesmas condições de secagem, porém, em menores proporções (Figura 9c).

Os valores médios dos teores de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de café), de lixiviação de potássio (g^{-1}kg de grãos de café) e de ácidos graxos livres (mL de KOH 100 g^{-1} de massa seca) dos cafés ao longo do armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) em função dos diferentes métodos de processamento (café natural e despulpado) e tratamentos de secagem (terreiro, 40°C, 60/40°C e 60°C) encontram-se representados na Figura 9.

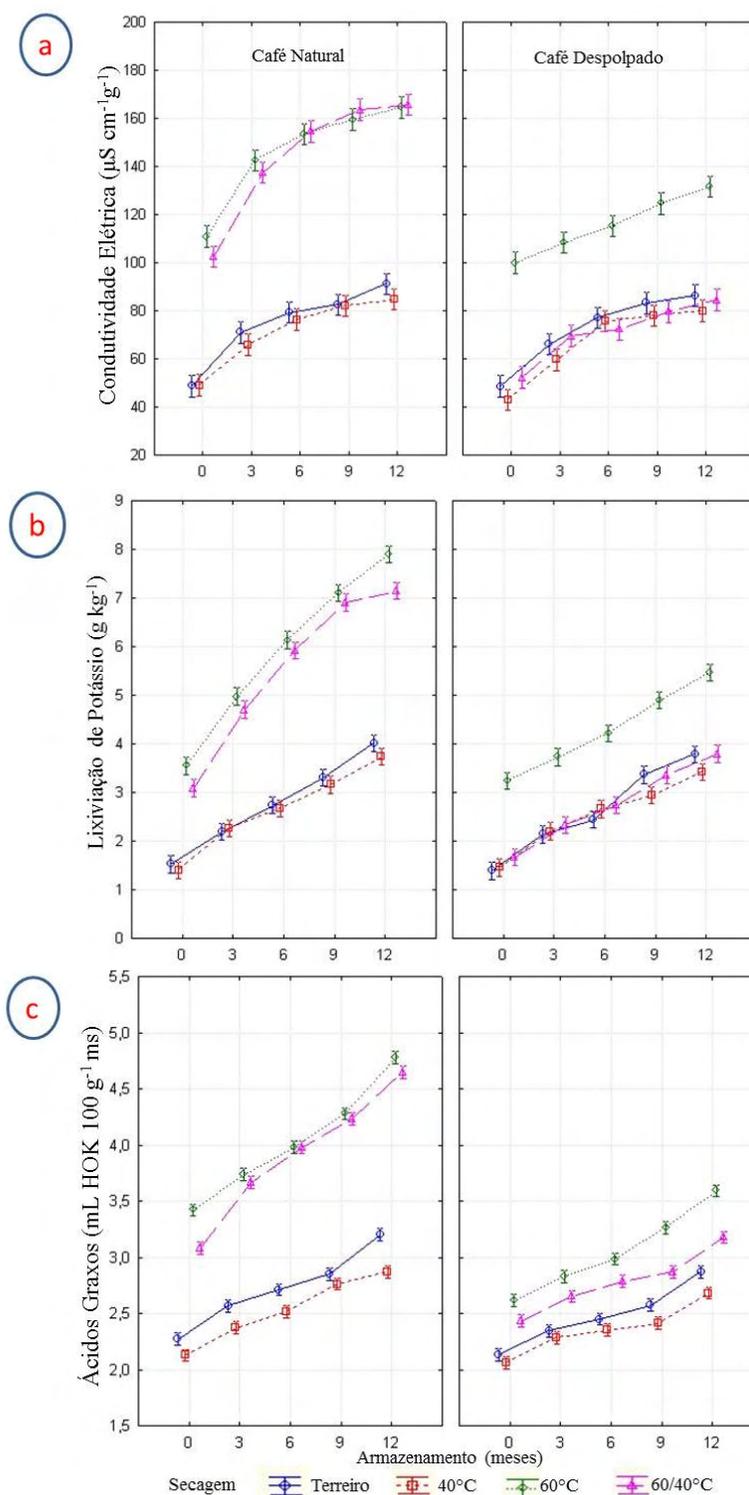


FIGURA 9 Valores médios de condutividade elétrica (a), lixiviação de potássio (b) e ácidos graxos (c), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Dos resultados obtidos (Figura 9c), os maiores teores foram observados para os cafés obtido da secagem a 60°C e 60/40°C, podendo-se afirmar que a qualidade das matérias-primas foi alterada, visto que, observou-se uma elevada variação nos teores dos ácidos graxos. Para as condições de secagem, apesar dos cafés secados em terreiro e a 40°C mostrarem diferenças, quando se comparou os métodos de processamento, nos cafés secados a 60°C e 60/40°C foi observado que a concentração de ácidos graxos apresentou valores mais discrepantes desde o início do armazenamento entre o café natural e despulpado. Importante ressaltar, que a variação destes teores foi mais intensa no café natural.

Comparando-se os teores dos ácidos graxos do café despulpado e natural, em função dos diferentes métodos de secagem, ao longo dos 12 meses de armazenamento, observou-se que a acidez graxa aumenta significativamente com a elevação da temperatura. Os dados (Figura 9c) evidenciam que quanto maiores os teores de ácidos graxos livres, tanto pior a qualidade da bebida de café (Tabela 2). No café despulpado a análise da acidez graxa diferenciou efeitos significativos entre os cafés secados a 60°C, 60/40°C e 40°C, não diferenciados pela CE e LK.

Segundo Pereira et al. (2002) e Malta et al. (2003) quando os valores de condutividade elétrica não diferem, a integridade da células, independentemente do método de preparo, foi mantida. Quando comparado o método de processamento em função das condições de secagem (Figura 9a), foi observado discrepância nos valores de CE no tratamento 60/40°C entre o café natural e despulpado, portanto, é possível afirmar que o processamento influenciou de forma significativa na integridade da estrutura celular. Nesse método de secagem, diversos fatores podem ser associados aos danos, os quais contribuíram com alterações, principalmente, durante o armazenamento, reduzindo, assim, a qualidade do café.

Pelos resultados de condutividade elétrica e lixiviação de potássio (Figura 9a e 9b) foi verificado que a condição de secagem casou efeitos imediatos nos grãos processados por via úmida e secado a 60°C, por outro lado, pela análise sensorial (Tabela 2) somente foi possível verificar estes efeitos aos 6 meses. Cabe ressaltar, que quanto maior os valores dos ácidos graxos pior a qualidade dos grãos e, por consequência, da bebida dos cafés. Essa constatação corrobora com Marques et al. (2008) que empregaram a análise de acidez

graxa para avaliar o efeito de diferentes temperaturas e períodos de pré-secagem em terreiro na composição química e qualidade da bebida do café.

Alterações nas concentrações de ácidos graxos livres durante a estocagem (Figura 9c) de acordo com Salva e Lima (2007) contribuem na formação do gosto de madeira atribuído aos cafés velhos. Essa alteração do sabor residual foi constatada sensorialmente para o café natural para todos os métodos de secagem no final do armazenamento (Tabela 2). Para avaliar a qualidade dos grãos armazenados, Biaggioni et al. (2007) em sementes de trigo armazenadas por 7 meses e Soares et al. (2001) em sementes de milho armazenados, também, utilizaram a análise de ácidos graxos livre.

Diante dos resultados (Figura 9) e comparando-os entre si e com o resultado sensorial (Tabela 2), observaram-se maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio indicando maiores danos à integridade de membrana celular e, por consequência o maior teor de ácidos graxos nos grãos, que evidencia modificações e oxidações nos grãos, alterando o sabor dos cafés. Estes foram classificados como os de pior bebida. Desta forma, a qualidade de bebida dos cafés é inversamente proporcional, aos valores de CE, LK e AG. Sendo possível afirmar que o aumento das atividades metabólicas devido ao estresse de processamento, secagem e ao tempo de armazenamento devido às variações nos teores de água contribuíram para a elevação dos valores de CE, LK e AG e, por consequência, reduzindo a qualidade sensorial desses cafés.

Cabe ressaltar que as diferenças entre os cafés natural e despulpado do método de secagem 60°C e 60/40°C no início do armazenamento podem estar relacionadas a presença do epicarpo e mesocarpo no café natural, visto que, a energia transferida para a secagem dos frutos é usada na evaporação da água e, no início da secagem a temperatura dos cafés mantém-se constante, já na fase final dessa, a transferência de calor é maior que a evaporação da água e, a temperatura dos cafés se mantém acima à do ar de secagem, comprometendo a integridade das membranas celulares de forma mais intensa no café natural que no despulpado. De acordo com Saath (2007) e Saath et al. (2010) o epicarpo e a mucilagem impõem certa resistência à remoção da água na fase inicial da secagem e, na ausência dessas a evaporação da água, não encontra resistência. Já fase final, a água está fortemente ligada e exigindo mais energia para ser retirada, em ambos os cafés,

comprometendo à integridade celular, tanto no café natural quanto no despulpado, porém, com maior intensidade no natural.

O resultado deste estudo corrobora com os valores obtidos por outros autores (CORADI et al., 2007; BORÉM et al., 2008c; MARQUES et al., 2008).

Importante ressaltar, que a qualidade dos lotes de café ao longo do armazenamento pode variar e, as modificações deteriorativas nos grãos, detectada pelos íons lixiviado na solução (LIMA et al., 2008) e pela elevação do nível dos ácidos graxos livres (BIAGGIONI et al., 2007). E como as análises de CE, LK e AG detectam essas alterações e, sendo as análises consideradas de baixo custo, fácil operação e interpretação, o cafeicultor, tem a possibilidade de avaliar em diferentes momentos a qualidade dos lotes de forma menos onerosa.

6.3.3.2. Acidez titulável (AT) e pH

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, foi possível verificar que para o café natural, na condição 60°C e 60/40°C, houve diferenças significativas, porém, entre os tratamentos não foram verificadas estas diferenças, exceto aos 9 e 12 meses. Por outro lado, para os cafés secados em terreiro e a 40°C, foram observadas diferenças significativas, tanto no tempo de armazenamento, como entre os tratamentos (Figura 10a). Para o café despulpado, nas condições de secagem, foram observadas diferenças significativas ao longo do armazenamento, o mesmo não ocorrendo entre os métodos de secagem, pois o café secado em terreiro diferenciou dos demais, exceto, do 40°C aos 6, 9 e 12 meses (Figura 10a).

Os valores médios de acidez titulável (mL de NaOH 100 g⁻¹ de café) e de pH, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, obtidos de diferentes métodos de secagem (terreiro, 40°C, 60°C e 60/40°C) encontram-se representados Figura 10.

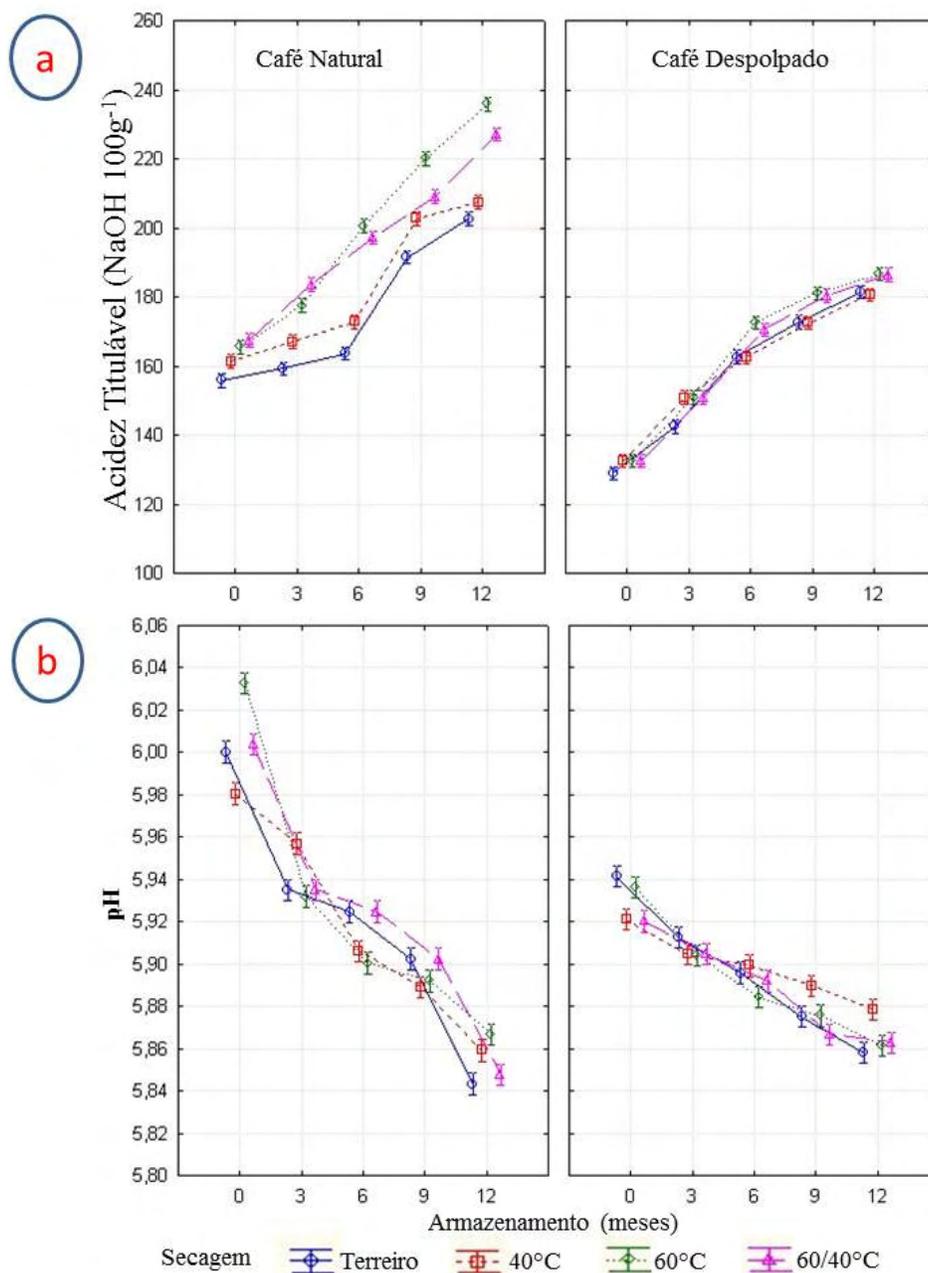


Figura 10 Variações do índice de acidez titulável e de pH, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Foram observadas diferenças significativas entre os valores de pH nos cafés ao longo do armazenamento. O pH apresentou relação inversa com o tempo de

armazenamento (Figura 10b). Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, no início do armazenamento, foram observadas diferenças significativas, o mesmo ocorrendo entre os métodos de secagem, exceto terreiro e 60/40°C. Para o café despulpado, nas condições de secagem em terreiro e 60°C, não foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos, por outro lado, diferenciaram do 40°C e 60/40°C e, entre estes não houve diferença significativa. No terceiro mês, para o café natural, apenas o 40°C diferenciou significativamente dos demais métodos de secagem, já aos 6 e 9 meses, este não diferenciou do 60°C e, o café secado a 60/40°C e em terreiro não diferenciaram entre si. Aos 12 meses, para os cafés nas condições de secagem em terreiro e a 60/40°C, não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém, estes diferenciaram dos demais, o mesmo ocorrendo para os cafés secados a 60°C e 40°C. Para o café despulpado, aos 3 meses de armazenamento não foram verificadas diferenças significativas entre os métodos de secagem. Aos 6 meses, apenas o 60°C diferenciou do método terreiro e 40°C, por outro lado, aos 9 e 12 meses foram verificadas diferenças significativas apenas para a condição de secagem 40°C.

Neste estudo, independente do método de processamento e condições de secagem, os valores obtidos revelam uma elevação praticamente linear dos valores de acidez titulável e redução dos valores de pH quanto a influência do o tempo de armazenamento. A acidez é uma característica típica e até certo ponto desejável para o café. Entretanto, é possível afirmar que os elevados valores no final do armazenamento contribuíram para a perda da qualidade da bebida dos cafés, principalmente no café natural independente das condições de secagem.

O sabor ácido característico do produto deve-se aos compostos, entre eles os ácidos orgânicos e inorgânicos. Entre os que se procuram relacionar com as características da bebida, com a espécie do café e com o seu processamento encontram-se, entre eles, os ácidos clorogênicos, ácidos cítrico, acético, quínico e fosfórico (SALVA; LIMA, 2009). Em café beneficiado grão cru, de acordo com Salva e Lima (2007) há evidências de que a acidez da bebida se deve principalmente ao ácido fosfórico. A percepção da acidez é o resultado dos diversos efeitos de todos os ácidos juntos (JÚNIOR et al., 2002) e, os ácidos encontrados na bebida têm influência sobre a acidez percebida, sendo está um bom indicativo da qualidade do produto (AFONSO JUNIOR et al. 2003). Importante ressaltar que no café,

podem ocorrer diferentes tipos de fermentações, alterando assim a acidez, o sabor e o aroma desses grãos. Neste contexto, comparando-se os valores de acidez titulável e pH (Figura 10) com o resultado da análise sensorial (Tabela 2), foram observadas concordância nos resultados, uma vez que, maiores valores de acidez referem-se às piores bebidas dos cafés.

A acidez da bebida do café, junto com aroma sempre foi reconhecida como um importante atributo de qualidade sensorial. Acidez elevada, porém, pode ser considerada um defeito. Pesquisas revelaram que a acidez titulável pode variar de acordo com os níveis de fermentação que ocorrem nos grãos de café durante as operações pós-colheita (BRANDÃO JÚNIOR. et al., 2002; GUIMARÃES et al., 2002; JÚNIOR et al., 2002; LELOUP et al., 2004; FRANCA et al., 2005). Para o café natural, foi observada variação de 157 a 260 NaOH 100g⁻¹ e no despulpado de 128 a 203 NaOH 100g⁻¹. Estes valores corroboram com Villela et al. (2002) e Taveira (2009) que constataram os maiores para o café natural obtidos por em cafés pergaminho, e com Mendonça et al., (2005) que em café natural citam valores de 220,20 a 237,64 NaOH 100g⁻¹ obtidos de diferentes cultivares (*coffea arabica*). Segundo CARVALHO et al. (1994), a acidez do café beneficiado grãos crus tem uma relação tem uma relação inversa com a qualidade da bebida do café.

Sendo a acidez um importante atributo da qualidade de bebida do café, Carvalho et al. (1994) e Franca et al. (2005) associaram maiores valores de acidez com bebidas de pior qualidade. No resultado deste estudo os cafés que apresentaram acidez inferior (Figura 10) foram classificados como os de melhor qualidade de bebida (Tabela 2).

Os valores de pH encontrados são concordantes com os apresentado para café beneficiado grão cru (*coffea arabica*) por Fernandes et al. (2003) de 6,03 a 5,87, porém, inferiores aos valores 6,61 a 6,39 por Mendonça et al. (2005) de diferentes cultivares e, superiores aos citados pela OIC (1992), de 5,31 a 5,63 para amostras de cafés comerciais. Apesar de autores mencionarem que casca, mucilagem e pergaminho constituírem-se num mecanismo de proteção dos grãos armazenados (GODINHO et al., 2000; AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003), a casca e mucilagem, por estarem aderidos aos grãos, propiciam processos fermentativos indesejáveis, que, segundo Brandão Júnior. et al. (2002) e Franca et al. (2005), refletem negativamente no pH e, por consequência, na acidez.

Cabe ressaltar que, as diferenças dessas variáveis, entre os cafés natural e despulpado, nas condições de secagem no início do armazenamento podem estar

relacionas a presença da casca e mucilagem no café natural. Já no final, as alterações de pH e AT, pode ser relacionada ao estresse do tempo de armazenamento, devido as reações metabólicas em função das variações nos teores de água nos grãos. A menor variação para o café despulpado, tanto no pH como na AT (Figura 10), pode justificar que estes índices são indicadores mais específicos, apontando apenas para o desmerecimento por excesso de acidez na bebida. O pH do café tem sido correlacionado com a acidez perceptível (SIVETZ; DESROSIER, 1979), ao mesmo tempo, pesquisadores sugerem que a acidez total é que apresenta melhor correlação para determinar a acidez do café (VOILLEY et al. 1981). Assim, supõe-se explicar a relação destes índices com a análise sensorial (Tabela 2) e com a CE, LK e AG (Figura 9).

6.3.3.3 Carboidratos, açúcares totais, redutores e não redutores

Os carboidratos são compostos pelos monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos. Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, nesta variável, é possível verificar que para o café natural, nas condições de secagem, foram observadas diferenças significativas nos valores médios de carboidratos ($\mu\text{g}100\mu\text{g}^{-1}$), o mesmo ocorrendo para o café despulpado para as mesmas condições de secagem (Figura11).

Para o café natural, no início do armazenamento, para as condições de secagem em terreiro e 40°C, não foi verificado diferença significativa entre os tratamentos, porém, entre os cafés secados a 60°C e a 60/40°C, foram observadas diferenças significativas, o mesmo ocorrendo entre os cafés obtidos por secagem em terreiro e a 60°C. Para o café despulpado, nas condições de secagem 40°C e 60/40°C, não foram verificadas diferenças significativas, entretanto, diferenciaram dos demais, o mesmo ocorrendo entre os cafés secados a 60°C e em terreiro (Figura 11).

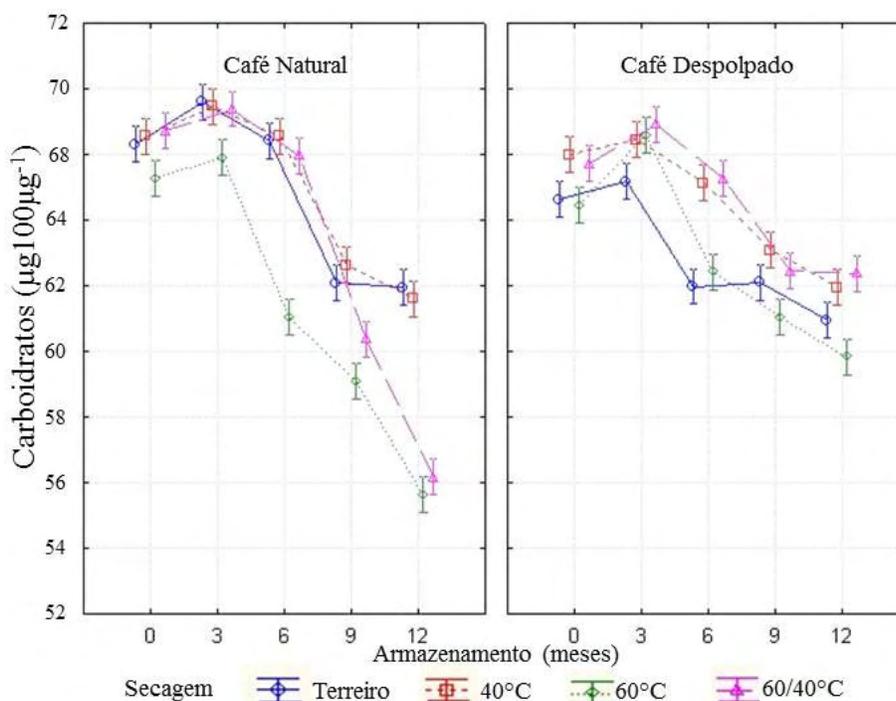


FIGURA 11 Valores médios de carboidratos, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Aos 3 meses de armazenamento, tanto para o café natural como para o despolpado para todos os métodos de secagem, foi observado aumento nos valores médios de carboidratos (Figura 11). A variação média dos valores de carboidratos para o café natural, foi de 65,50 μg a 68,50 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra no início do armazenamento, passando para 67,70 μg a 71,10 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ aos 3 meses e, para o café despolpado foi de 63,10 μg a 68,00 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$, alterando para 64,20 μg a 69,60 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$, quando os cafés descansaram por um período de 3 meses. Neste período, é possível verificar que para o café natural, entre as condições de secagem, foram observadas diferenças significativas apenas para no 60°C e, para o café despolpado, esta diferença foi verificada para os cafés secados em terreiro (Figura 11).

Este valores são concordantes com Lago et al. (2002) que citam valores médios, variando de 62,67 μg a 71,96 $\mu\text{g } 100 \mu\text{g}^{-1}$ de amostra, em cafés torrados e moídos de diferentes procedências.

No café natural, aos 6 meses, os cafés secados a 60°C apresentaram diferenças significativas em relação aos obtidos da secagem a 60/40°C, 40°C e em terreiro, por outro lado, entre os cafés terreiro e 40°C, não foram observadas diferenças significativas, mas diferiram do 60/40°C. Por sua vez, aos 9 meses, apenas para os cafés do método de secagem a 60°C foram verificadas diferenças significativas. Já aos 12 meses de armazenamento, mesmo ocorrendo considerável redução nos valores, nas condições de secagem, não foram observadas diferenças significativas nos cafés (Figura 11).

Para o café despulpado, aos 6 meses não foi observado efeito significativo entre as condições de secagem 40°C e 60/40°C, porém, diferiram do método de secagem terreiro e 60°C, mas entre estes não foram verificadas diferenças significativas. Aos 9 meses foi possível verificar que os cafés, nas condições de secagem, estatisticamente apresentaram a mesma tendência. Por sua vez, aos 12 meses, foi verificada variação entre as condições de secagem, porém não foram observadas diferenças significativas nos cafés (Figura 11).

Comparando os valores (Figura 11) e analisando o método de processamento foram observadas alterações similares desses açúcares, porém mais acentuadas no café natural 60°C e 60/40°C, indicando que o metabolismo de carboidratos desses grãos foi mais afetado ao longo do armazenamento. No caso dos cafés no qual o metabolismo foi menos afetado, acredita-se, ser um indicativo de que a disponibilidade destes açúcares possibilita aumento na participação da produção das substâncias voláteis responsáveis, pelo aroma da bebida do café. Os resultados corroboram, com Mendonça et al. (2007) ao afirmarem que uma concentração maior de açúcares no grão cru permite aumento na participação destes compostos nas reações do processo de torrefação, e com Salva e Lima (2007) que correlacionam a concentração de carboidratos as diferenças encontradas entre as bebidas de café natural e pergaminho.

Para a variável açúcares totais (sacarose, glicose, frutose, manose), quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, observou-se que houve mudanças nos valores dos açúcares totais ($\mu\text{g}100\mu\text{g}^{-1}$) para todos os tratamentos (Figura 12a). Comparando o processamento nas condições de secagem, foram verificadas variações mais acentuadas no café natural, o qual

apresentou maior concentração desses açúcares, no início e menor no final do armazenamento, em relação ao despolpado nas mesmas condições.

Quanto à influência do tempo de armazenamento, para cada método de processamento e condições de secagem, foi possível verificar que para o café natural, na condição de secagem 40°C, foram observadas diferenças significativas, o mesmo ocorrendo para o café despolpado. Para as demais condições de secagem também foram observadas diferenças significativas. No início do armazenamento, para o café natural, entre as condições de secagem, não foram observadas diferenças significativas, entretanto, para o café despolpado, verificaram-se diferenças significativas para a condição de secagem 60°C (Figura 12a). Durante o armazenamento a variação média destes açúcares, no café natural foi maior comparado ao café despolpado, sendo o valor médio no início entre 7,85 μg e 7,96 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ e 7,1 μg e 7,5 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra, alterando para 6,3 μg a 7,1 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ e 6,68 μg e 7,07 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra, respectivamente, quando os cafés haviam passado por um período de armazenamento de 12 meses.

Nos resultados (Figura 12a), mesmo ocorrendo considerável redução da concentração de açúcares totais, é possível verificar que este, encontra-se ainda, em um índice bom, uma vez que, de acordo com Pimenta e Vilela (2002) e Borém et al. (2008a), o teor de açúcares totais no café beneficiado grão cru, está entre 5 a 10%, e o resultado da concentração no final deste experimento foi 6,3 μg a 7,1 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ e 6,68 μg e 7,07 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra. Entretanto, os valores médios são inferiores aos de Barrios (2001), Pinto (2002) e Villela (2002) que obtiveram valores de 9,90%, 8,62 e 9,27%, respectivamente em cafés considerados de bebida mole, apenas mole e estritamente mole e Abrahão et al. (2009) para café cereja, de 7,71% a 7,06%, estes valores estão próximo do verificado, neste estudo, no início do armazenamento (Figura 12a).

Os valores médios de açúcares totais ($\mu\text{g}100\mu\text{g}^{-1}$), redutores ($\mu\text{g}100\mu\text{g}^{-1}$) e não redutores ($\mu\text{g}100\mu\text{g}^{-1}$), ao longo do longo do armazenamento, em função dos diferentes métodos de processamento e de secagem encontram-se representado na Figura 12.

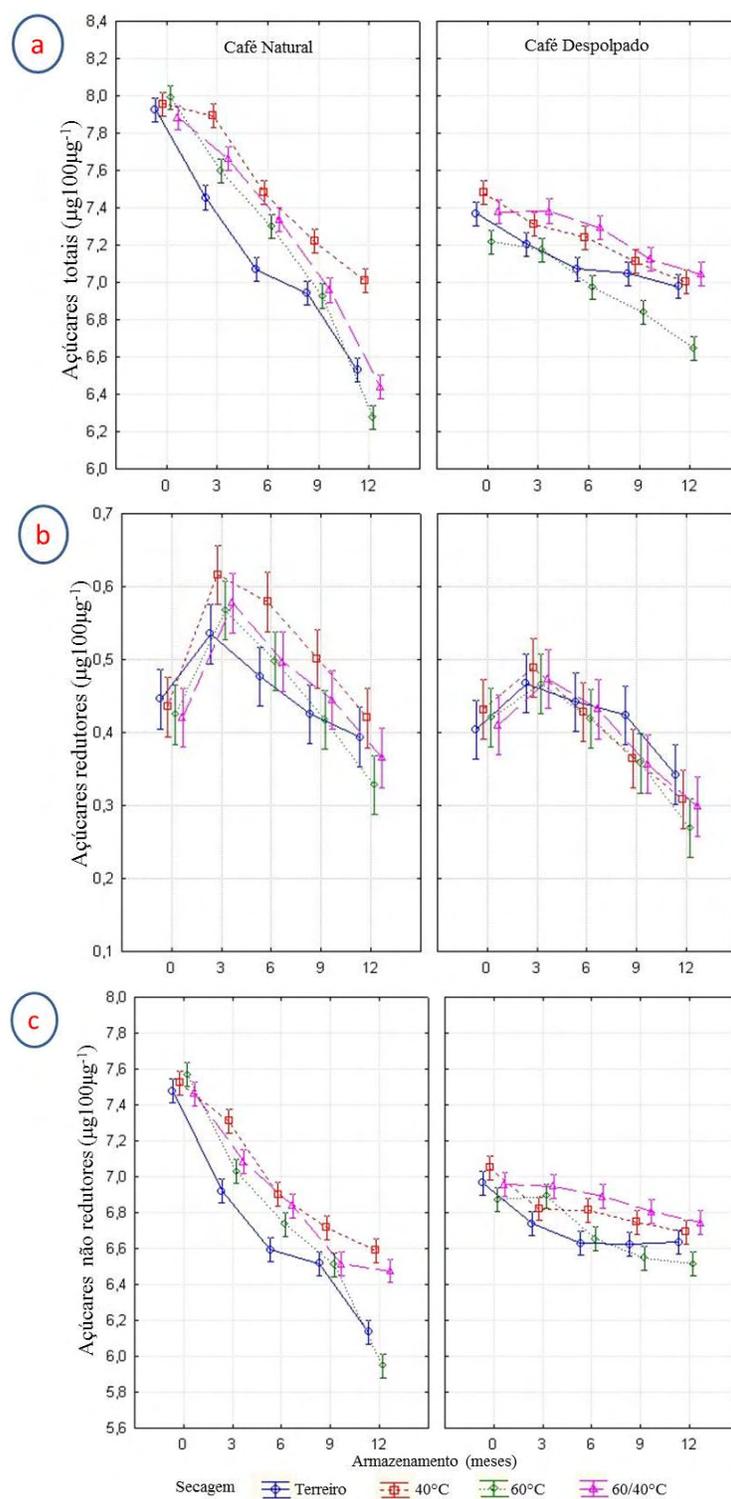


FIGURA 12 Valores médios de açúcares totais (a), açúcares redutores (b) e açúcares não redutores (c), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Para os açúcares redutores (glicose, frutose, manose), quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de secagem e condições de secagem, para o café natural e o despolpado foram observadas variações significativas nos valores desta variável. De acordo com as análises de variância, não foram verificadas diferenças significativas entre os métodos de secagem para o café natural, entretanto entre os tempos de armazenamento houve efeito significativo, o mesmo ocorrendo para o café despolpado (Figura 12b).

Os valores médios de açúcares redutores, no início do armazenamento, no café natural, foram de 0,43 μg a 0,45 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra alterando para 0,53 μg a 0,62 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ e, para o café despolpado, de 0,41 μg e 0,44 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra alterando para 0,46 μg a 0,52 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra. No final do armazenamento, para o café natural, foram obtidos valores de 0,34 μg a 0,42 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra e no café despolpado 0,27 μg a 0,34 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra (Figura 12c). Os valores deste estudo são concordantes com os de Lopes et al. (2000), Pinto et al. (2002), Ribeiro et al. (2003) e Silva et al. (2004) que observaram de 0,36% a 1,0% em cafés procedentes do sul de Minas e, com os citados por Abrahão et al. (2009) que obtiveram de 0,26% a 0,5%, em café cereja descascado imediatamente após a secagem.

Neste estudo, apesar da acentuada redução dos açúcares redutores e, mesmo que alguns valores médios estão abaixo dos normalmente obtidos para café cereja descascado, vale ressaltar, que o valor de açúcares redutor dos cafés está de acordo com a literatura, independente, das condições de processamento, secagem e armazenamento.

Para o açúcar não redutor (sacarose), quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, foi verificado que, tanto para o café natural, quanto para o café despolpado, foram observados efeitos significativos, nas condições de secagem (Figura 12c). As variações e redução do não açúcar redutor foram similares à verificada nos açúcares totais (Figura 12a).

Sendo possível verificar menor variação deste açúcar para o café despolpado. Nestes cafés, a alteração foi mais intensa na condição de secagem 60°C, para esta condição, observando redução de 6,87 μg para 6,56 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ correspondendo à variação de 6,25% do peso seco e, nas demais condições de secagem, no café despolpado, verificando alteração média entre 6,88 μg a 7,09 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ para 6,63 μg a 6,75 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra,

totalizando em média a redução de 4,3% do peso seco. Por outro lado, no café natural, para as condições de secagem, constadando considerável redução dos valores desses açúcares, independente, das condições de secagem (Figura 12c). O valor médio no início foi entre 7,45 μg e 7,58 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$, alterando para 5,87 μg a 6,6 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$. Foi verificada intensa alteração nos cafés secados a 60°C, observando redução de 7,57 μg para 5,95 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$, nas condições de secagem 60/40°C e 40°C, os cafés apresentaram alteração em média de 7,48 μg e 7,57 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ para 6,49 μg e 6,60 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra, respectivamente, já nos cafés secados em terreiro, os valores foram reduzidos de 7,49 μg para 6,18 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ de amostra (Figura 12c).

Para o café natural, nas condições de secagem, no início do armazenamento não foram observadas diferenças significativas nos valores de açúcares não redutores entre os tratamentos, porém, nos demais tempos foi possível verificar diferenças significativas, exceto, na condição de secagem 40°C aos 6 meses e, em terreiro aos 9 meses. O café secado a 40°C não diferenciou do obtido a 60/40°C e, o café secado em terreiro diferiu dos cafés obtidos na condição de secagem 40°C. Por outro lado, neste período, para o café despulpado, foi possível verificar diferenças significativas, entre os cafés obtidos da condição de secagem 60/40°C e terreiro, o mesmo ocorrendo entre os cafés secado em terreiro e a 60°C aos 3 e 12 meses e, entre os secado a 40°C e 60/40°C aos 3 meses. Foram observadas diferenças significativas nos cafés 40°C, 60°C e terreiro, entre os obtidos da condição de secagem 40°C e 60°C aos 6, 9 e 12 meses e, entre os cafés 40°C e terreiro aos 6 e 9 meses (Figura 12c).

Importante ressaltar que, quanto à influência do tempo de armazenamento, comparando os valores de açúcares não redutores, nos cafés do processo via seca e via úmida, independente das condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, foram verificados os maiores valores no início e, no café despulpado no final do armazenamento, para as mesmas condições de secagem. Acredita-se que a elevação da atividade metabólica durante o armazenamento pode estar relacionada ao estresse do processamento, secagem e ao tempo de armazenamento. Assim, é possível afirmar que o tempo de armazenamento interferiu na redução deste açúcar, sendo mais severa no café natural (Figura 12c).

Os valores de açúcares não redutores deste estudo estão de acordo com os mencionados na literatura (GUIMARÃES, 2000; LIMA et al., 2001; VILAS BOAS et al.,

2001; PEREIRA et al., 2002; LIMA, 2005; KNOPP et al., 2006; MENDONÇA et al., 2007). Segundo estes autores, os açúcares não redutores predominam entre os açúcares solúveis, principalmente, a concentração de sacarose que pode variar de 1,9 a 10% na matéria seca.

A presença do epicarpo e da mucilagem no café natural pode ter contribuído para uma maior atividade metabólica, alterando a composição química nesses grãos e, por consequência, reduzindo severamente os açúcares não redutores nesses cafés, independente, das condições de secagem. Acredita-se que no fruto intacto, devido à variação dos teores de água dos grãos (Figura 8), os processos respiratórios foram mais intensos, em função do estresse do processamento, secagem e armazenamento, isto porque a evaporação da água, nesses encontra resistência e, a ausência do epicarpo e da mucilagem no café despulpado pode explicar por que a evaporação da água encontra menor resistência permitindo menor respiração redizindo o metabolismo oxidativo procedente do estresse, visto que nesta condição as reações metabólicas são reduzidas, porém não totalmente inibidas. Com esse fenômeno, supõe-se explicar essas diferenças.

Como a sacorose participa do grupo de açúcares considerados reserva de energia, no final do armazenamento, é possível verificar que para o café natural, nas condições de secagem, foi observado considerável exigência dessas reservas, o mesmo ocorrendo para o café despulpado, porém, em menores proporções.

De acordo com Borém et al. (2008d) elevado teor de açúcares pode indicar maior doçura na bebida, pois, na torração, a sacarose, que é o açúcar presente em maior quantidade, é degradada, e utilizada nas reações de Maillard e caramelização, formando de vários compostos voláteis e não-voláteis (VILAS BOAS et al., 2001; LAGO et al., 2002; SILVA et al., 2004).

Segundo a ICO (1991) a doçura é uma característica de sabor desejável no café especial, e, os açúcares totais, contribuem de forma expressiva para a composição do aroma e sabor do café torrado (GUIMARÃES, 2000; KNOPP et al., 2006), uma vez que, o sabor caramelo, identificado pelo consumidor na bebida do café é associado a esses açúcares (ICO, 1992). Neste contexto, é possível afirmar que elevado valor de açúcares totais verificado neste estudo reforçam e corroboram como os relatos de pesquisadores e empresas de comercialização sobre o potencial de produção de cafés especiais no Sul de Minas (ABRAHÃO et al., 2009).

Ainda, considerando o resultado de açúcares, é possível afirmar que as operações pós-colheita (processamento, secagem e armazenamento) e, principalmente, o tempo de armazenamento, interferiram na concentração destes. Este resultado vai de encontro com estudos ao mencionarem que os processos pós-colheita exercem influência no teor de açúcares (LOPES et al., 2000a; PEREIRA et al., 2002; CORADI et al., 2007; BORÉM et al., 2008c; MARQUES et al., 2008). Cabe ressaltar, ainda que, não há uma definição concreta sobre qual o tipo e a concentração ideal de açúcar do café beneficiado grão cru exerce maior influência na qualidade da bebida, entretanto, de acordo com Lago et al. (2002) a proporção da sacarose pode variar dependendo do tipo de processamento.

Comparando as variações dos carboidratos nos cafés (Figura 11), foi possível observar que as principais alterações revelaram as menores notas nos cafés analisados sensorialmente (Tabela 2). Entretanto, a diferença de qualidade observada, não pode ser explicada de forma consistente pelas variações dos carboidratos (teores dos diversos açúcares) obtidos. Para a interpretação da variação e associá-la as diferenças de qualidade, é necessário caracterizar e quantificar a fração de cada açúcar (glicose, frutose, manose, sacarose) presente nos grãos e a interação entre estes.

A maior participação desses açúcares foi confirmada na análise sensorial (Tabela 2), onde os cafés, classificados sensorialmente como melhor bebida são os que apresentaram a maior concentração de açúcares totais no final do experimento. Conforme Lago et al. (2002), no café, os carboidratos, não apresentam propriedades funcionais ou tecnológicas específicas, entretanto, têm importante função no momento da torrefação dos grãos, uma vez que participam da reação de Maillard, conferindo aroma e sabor para a bebida do café, independente de sua estrutura química, simples ou complexos. De acordo com Illy e Viani (1995); Pereira et al. (2002); Coradi et al. (2007) e Marques et al. (2008), pode atribuir-se essa melhor qualidade às substâncias voláteis formadas a partir da combinação de tais açúcares com as proteínas no processo de torração. O total de carboidratos (glicose, manose, frutose, galctose, sacarose, maltose, lactose, amido, gliconênio, celulose, hemicelulose, pectina e gomas) representa entre 50 e 60%(bs) do café beneficiado grão cru (ABIC, 2005). Neste estudo, os valores de carboidratos estão acima dos citados até os 3 meses e nos demais tempos, entre os valores mencionados.

Na literatura é mencionado que a variação dos carboidratos ocorre mediante diversos fatores, sendo atribuída a maturação fisiológica (CAMPA et al., 2004), fermentações (PIMENTA; VILELA, 2003), procedimentos pré-colheita (ABRAHÃO et al., 2009), pós-colheita (CARVALHO JUNIOR et al., 2003; SILVA et al., 2004; BORÉM et al., 2008d; SANTOS et al., 2009), principalmente, temperaturas de secagem (CORADI et al. 2007; BORÉM et al., 2008c), pré-secagem (RIBEIRO et al., 2003; BORÉM et al., 2006).

Neste estudo, a variação e a concentração inicial de carboidratos pode ser atribuída a esses fatores. Já no final do armazenamento, acredita-se, que devido às atividades metabólicas nos grãos, ocorreram alterações químicas e bioquímicas em função da variação dos teores de água nos cafés (Figura 8) e, por consequência, alterando a composição físico-química (Tabelas 3 a 12) e sensorial (Tabela 2). Portanto, a redução nos valores dos carboidratos nos grãos no final do experimento pode ser atribuída ao estresse das condições e ao tempo de armazenamento.

6.3.3.4 Sólidos solúveis e compostos fenólicos totais (Polifenóis)

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, independente da condição de secagem, foram observados maiores variações significativas nos valores de sólidos solúveis, ao longo do armazenamento, para o café despulpado, nas mesmas condições de secagem, não foram observadas diferenças significativas, porém, entre o café natural e o despulpado foi possível verificar diferenças significativas (Figura 13a).

Para o café natural, ao longo do armazenamento, foi possível verificar que nas condições de secagem, houve diferenças significativas nos valores de sólidos solúveis, entre os métodos de secagem em terreiro, a 40°C, 60°C e 60/40°C. Entre os cafés secados a 40°C e 60°C, estas diferenças foram observadas aos 9 meses, na condição de secagem terreiro e 40°C, aos 6 e 9 meses, entre os secado a 60/40°C e 60°C aos 6 meses (Figura 13a)

Importante ressaltar, que o valor de sólidos solúveis (Figura 13a) indica a concentração de sólidos dissolvidos na amostra e devem ser usados como um

referencial básico de composição físico-química dos cafés, pois, segundo Barbosa et al. (2002) os sólidos solúveis abrangem as frações de açúcares e devem ser associado com os demais compostos voláteis e não voláteis da bebida. Para o café torrado, as reduções de sólidos solúveis são consequência da perda de ácidos orgânicos e da volatilização de alguns compostos no processo pirolítico de torrefação (FERNANDES et al., 2003). Acredita-se que, as reduções de sólidos solúveis podem ter ocorrido em função dos processos metabólicos devido ao estresse do armazenamento e, por consequência da redução dos carboidratos (Figura 12).

De acordo com a literatura uma maior quantidade de sólidos solúveis é desejada, tanto pelo ponto de vista do rendimento industrial, quanto pela sua contribuição para assegurar o corpo da bebida. Quanto aos valores de sólidos solúveis obtidos neste estudo para o café natural e para o despulpado, nas condições de secagem, estão de acordo com os valores de referência. Para *coffea arabica* com teores de água de 11 a 13% (bu) estes se situam de 20,3 a 34,4% (ms) para café beneficiado grão cru (ABRAHÃO et al., 2009; MENDONÇA et al., 2005; SANTOS et al., 2009). Segundo Barbosa et al. (2002), a maior ou menor concentração de sólidos solúveis, bem como suas respectivas frações, pode estar associada ao corpo, doçura, e outras características sensoriais da bebida

Na variável polifenóis, quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, nas condições de secagem, detectaram-se diferenças significativas, não ocorrendo o mesmo no café despulpado (Figura 12b). Para o café natural, nas condições de secagem, ao longo do armazenamento, nos compostos fenólicos foi observada elevação média entre 4,55 μg e 4,86 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ para 5,06 μg e 5,52 μg para 5,83 μg $100\mu\text{g}^{-1}$, representando um aumento de 10,08 a 11,96 %. No café despulpado, neste período, estes variaram em média entre 4,49 e 4,54 μg $100\mu\text{g}^{-1}$ (Figura 13).

O resultado dos valores médios de sólidos solúveis (% ms) e de compostos fenólicos (μg $100\mu\text{g}^{-1}$), ao longo do longo do armazenamento, em função dos diferentes métodos de processamento de secagem encontram-se representados na Figura 13.

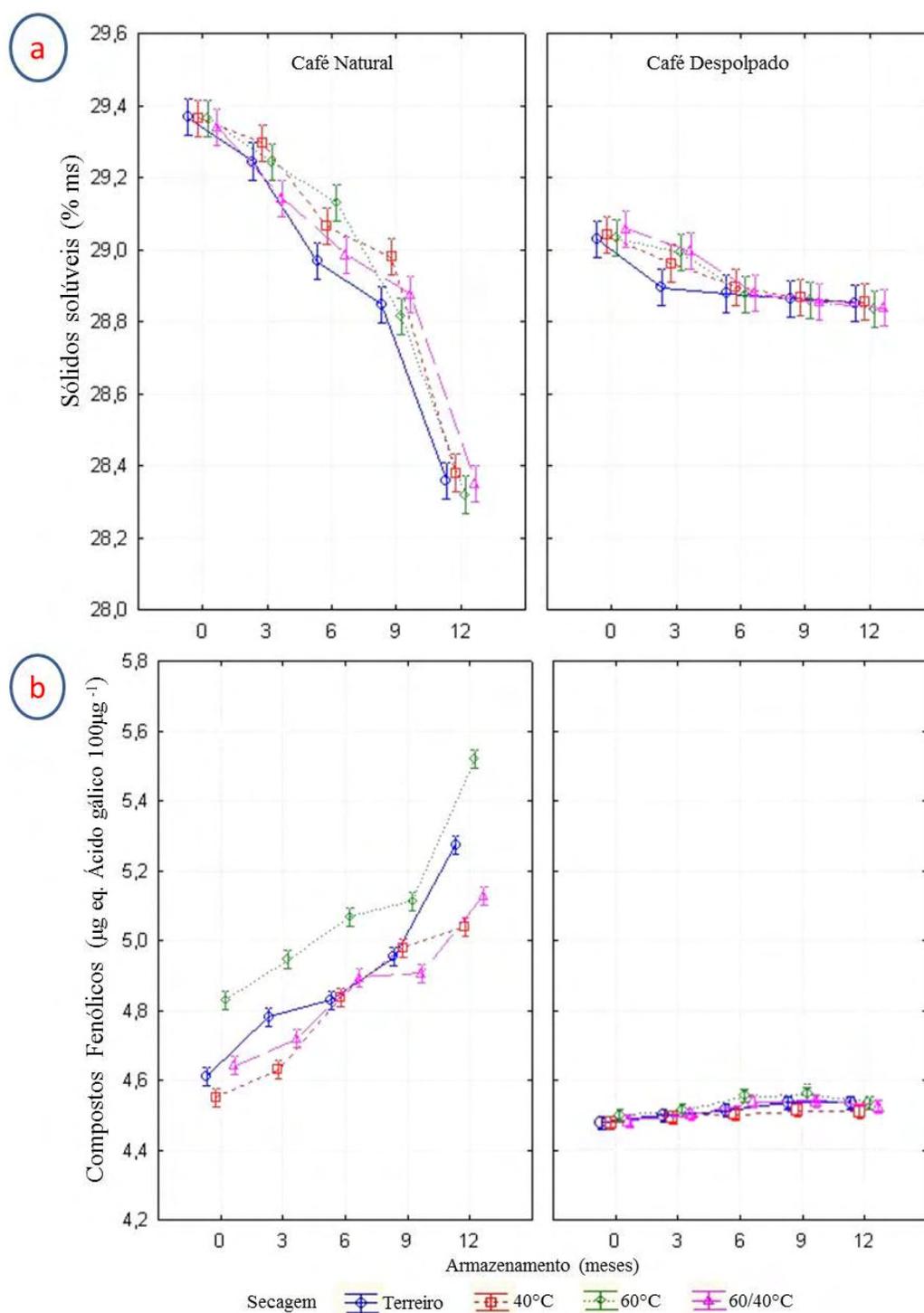


FIGURA 13 Valores médios de (a) sólidos solúveis (% ms) e (b) compostos fenólicos ($\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

O resultado de fenólicos obtidos neste estudo está próximo aos valores de 4,77 a 5,43 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ verificados por Abrahão et al. (2010), de 4,31 a 6,18 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ citados por Fernandes et al. (2003) para café beneficiado grão cru (*coffea arabica*), porém, inferior a 7,42 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ citado por Abrahão et al. (2008), a 7,81 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ obtido por Malta et al. (2002) e 7,67 $\mu\text{g } 100\mu\text{g}^{-1}$ verificado por Ribeiro et al. (2003) em café cereja descascado. Carvalho et al. (1989) obteve de 8,73% de frutos estágio cereja e de 9,66% em mistura de frutos de maturação(verde+cereja+passa+seco). De acordo com Farah e Donangelo (2006) em café, frutos em estágio verde, a fração fenólica pode chegar a 14% peso seco, sendo o ácido clorogênico (CGA) a porção principal.

Existem indicações de ocorrência de maior concentração de compostos fenólicos totais em cafés de pior qualidade. Pinto et al. (2001), em grãos de café arabica, classificados em diferentes padrões de bebidas, obtiveram maior teor de compostos fenólicos nos cafés de bebida rio, quando comparados aos classificados como bebida mole. No presente estudo, para os cafés que obtiveram bebida de pior qualidade (Tabela 2), também, apresentaram um maior teor de compostos fenólicos totais (Figura 12). O café despulpado, nas condições de secagem, classificado como especial e muito bom, apresentou menor concentração de fenólicos. Assim, é possível afirmar que a concentração destes fenólicos é inversamente proporcional à qualidade da bebida.

De acordo com a literatura, esses metabólitos atuam nas condições de estresse ambiental. Neste estudo, tanto o estresse de processamento e secagem como o do tempo de armazenamento, contribuíram na ativação desses compostos, porém, a interação entre os processos bioquímicos geraram mudanças severas na qualidade no armazenamento apenas no café natural. Convém ressaltar que, além do impacto sobre a qualidade da bebida de café, os polifenóis, especialmente, os CGA, têm atividade antioxidante, (FARAH; DONANGELO, 2006).

Neste estudo, nos resultados da qualidade físico-química, fisiológica, química, bioquímica e sensorial, foi possível concluir que, o café natural apresentou as maiores alterações nas membranas celulares, na composição química dos grãos e qualidade da bebida em relação ao café despulpado. Acredita-se que, essas alterações estão relacionadas às reações metabólicas e oxidações nos grãos, em função do estresse de processamento, secagem e armazenamento. O café natural que é o fruto intacto, devido à presença da casca e

mucilagem, as quais são fontes de fermentações, aceleram os processos metabólicos, mesmo que no café despulpado ocorra fermentação no tanque de degomagem, está ocorre para retirar a mucilagem dos grãos, neste caso, dependendo das condições, as reações metabólicas são associadas à degradação da mucilagem.

Importante ressaltar que, o exocarpo e o mesocarpo impõem certa resistência a evaporação de água nos processos de secagem (SAATH et al., 2010). Nos frutos secos, devido ao estresse de armazenamento, a casca e a mucilagem também podem ser consideradas obstáculo, dificultando as trocas de água e ar, entre o grão e o ambiente, visto que, o teor de água do grão e a umidade do ar ambiente, tendem ao equilíbrio. Assim, pelas trocas massa e energia, o vapor d'água proveniente da variação da umidade relativa, pode aumentar ou reduzir o teor de água dos grãos.

Acredita-se que, na ausência do exocarpo e mesocarpo, o equilíbrio pode-se explicar porque as trocas de água e ar não encontram resistência. Quanto maior o teor de água nos grãos, maiores os processos metabólicos e oxidativos em função do aumento da atividade respiratória. Elevada oxidação dos compostos químicos levam a perda da qualidade e a deterioração dos grãos. Assim, supõe-se explicar as diferenças entre o café natural e o despulpado.

6.3.4 Caracterização de proteínas nos cafés

6.3.4.1 Proteína total

Quanto à influência do tempo de armazenamento, para cada método de processamento e condições de secagem, foi verificado que para as condições de secagem, tanto no café natural, quanto no café despulpado, houve diferenças significativas nos valores de proteína solúvel. Nos dados obtidos, também, foram observadas diferenças significativas entre os métodos de secagem para os cafés do processo via seca.

Na Figura 14 encontram-se representados os valores de proteína solúvel (μg de proteína μg^{-1} de grãos), ao longo do armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), para cada método de processamento (natural e despulpado) e, métodos de secagem (terreiro e com ar aquecido a 40°C , 60°C e $60/40^\circ\text{C}$).

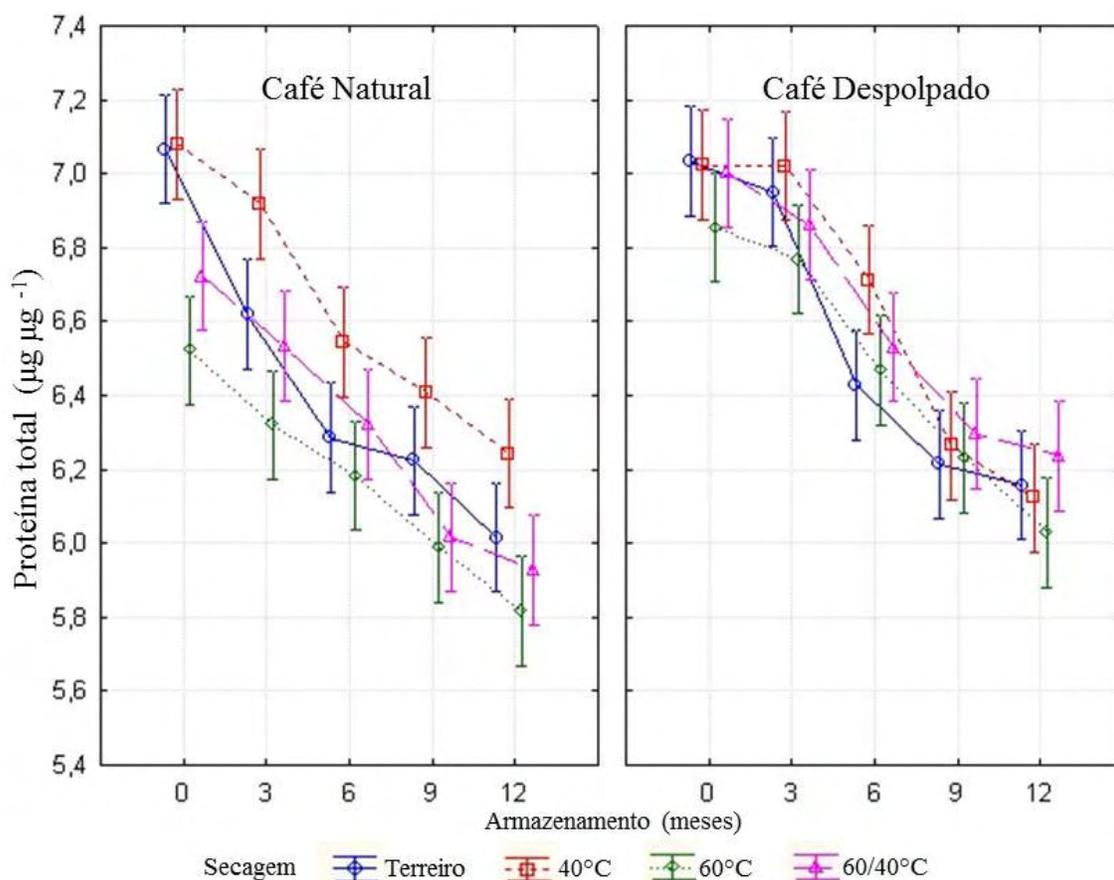


FIGURA 14 Valores médios de proteína total (μg de proteína μg^{-1} de grãos), ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C , 60°C e $60/40^\circ\text{C}$.

Para o café natural, nas condições de secagem, para o tempo de armazenamento não foram verificadas diferenças significativas entre os métodos de secagem 60°C e $60/40^\circ\text{C}$, exceto, aos 6 meses, entre os métodos 40°C e terreiro, foram observadas diferenças significativas aos 6 e 12 meses. Entre o método de secagem 60°C e 40°C , foram

verificadas diferenças significativas, com exceção, aos 6 e 9 meses e, entre o método terreiro e 60/40°C, foram observadas diferenças significativas no início e aos 3 meses de armazenamento. Quanto ao tempo de armazenamento para o café despulpado, foi possível constatar que para os valores de proteína solúvel, os resultados apresentaram diferenças significativas, o mesmo não ocorrendo entre os métodos de secagem (Figura 14).

No final do armazenamento, os resultados apresentaram uma redução média de 10 a 11,5% nos valores de proteína solúvel total. Acredita-se que, os danos decorrentes do processamento e da secagem (Figura 9) e a variação dos teores de água nos grãos ao longo do armazenamento (Figura 8), tenham contribuído para o aumento das atividades metabólicas em função dos processos respiratórios, acelerando ou diminuindo a atividade enzimática, principalmente, de enzimas hidrolíticas e, por consequência, alterando as proteínas de reservas nos grãos dos cafés (Figura 14).

Importante destacar que as enzimas são necessárias em várias reações envolvidas na utilização de energia, síntese de amido, metabolismo do nitrogênio e respiração (VEIGA et al., 2010). De acordo com Brandão Júnior et al. (2002), para manter a qualidade dos grãos dos cafés, é necessário um balanço entre geração e remoção de radicais, durante o processamento e a secagem. No presente estudo, é possível afirmar que o tempo de armazenamento foi o principal responsável pela redução dos valores de proteína solúvel total.

6.3.4.2 Quantificação da atividade de enzimas antioxidantes

6.3.4.2.1 Catalase (CAT)

Analisando o gráfico (Figura 15), quanto a influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o café natural e o despulpado, nas condições de secagem, houve elevação na atividade da enzima catalase ($\mu \text{Kat } \mu\text{g}^{-1}$ de proteína), do início até os 3 meses.

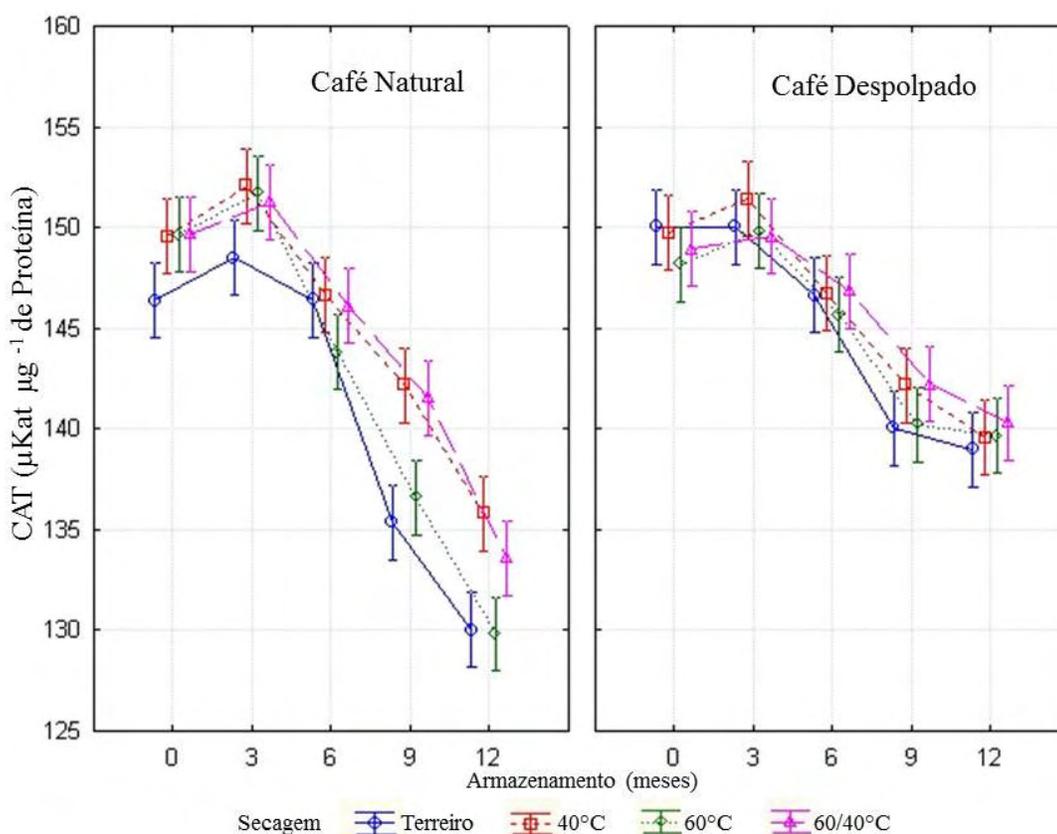


FIGURA 15 Valores médios da atividade catalase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Por outro lado, aos 6 meses e, à medida que o tempo de armazenamento aumenta, a atividade da CAT apresenta tendência inversa. Foram observadas diferenças significativas nos tempos de armazenamento, exceto, entre o início e 3 meses. Acredita-se que em função do progressivo aumento de peróxidos (radicais livres) ocorreu a redução da atividade dessa enzima (Figura 15).

Para o café natural, no tempo de armazenamento, não foram verificadas diferenças significativas entre as condições de secagem, exceto aos 9 e 12 meses. Neste período, os cafés da condição de secagem 60°C e terreiro diferiram dos cafés secados a 40°C e 60/40°C. Para o café despulpado, entre as condições de secagem, não foram observadas diferenças significativas (Figura 15).

Os resultados da atividade da enzima CAT (Figura 15) relacionam-se inversamente com os valores detectados pelas análises de CE, LK e AG (Figura 9), revelando a deterioração dos grãos e, por consequência, da qualidade dos cafés. Uma menor atividade dessa enzima pode contribuir, na diminuição da prevenção de danos oxidativos. De acordo com Brandão Júnior (2002) esses danos ocorrem, principalmente, em tecidos de sementes sensíveis à desidratação e, naqueles com menor desempenho fisiológico.

Cabe ressaltar, o resultado da enzima CAT foi semelhante aos açúcares totais e os açúcares redutores, desta forma, acredita-se que esta enzima tem participação nas rotas metabólicas dessas substâncias.

6.3.4.2.2 Superoxido Dismutase (SOD)

Nos resultados da enzima superóxido dismutase ($U \mu g^{-1}$ de proteína), quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que entre o café natural e despulpado, nas mesmas condições de secagem, houve diferenças significativas. Constatando que a secagem interferiu de forma mais expressiva na atividade da enzima SOD nos cafés do processo via seca, independente das condições de secagem, uma vez que, os valores de atividade específica $U \mu g^{-1}$ de proteína, foram menores nos cafés do método natural (Figura 16).

Importante ressaltar que, quanto menor a atividade da enzima, menor a qualidade dos grãos e, por consequência da bebida dos cafés. Para os cafés deste estudo, os valores da atividade da enzima SOD (Figura 16) são diretamente proporcionais com o resultado da qualidade sensorial (Tabela 2) e inversamente, com os valores da qualidade fisiológica (Figura 9). Apesar da redução na atividade dessa enzima nos grãos, independente das condições de processamento, secagem e armazenamento, os cafés foram classificados como especiais e muito bons, exceções aos cafés natural 60/40°C e 60°C aos 12 meses (Tabela 2), sendo possível afirmar que a enzima SOD contribuiu para a manutenção da qualidade dos cafés.

Os valores médios da variação das atividades da enzima SOD (μ Kat μ g⁻¹ de proteína) ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado obtidos de diferentes métodos de secagem, encontram-se na Figura 16.

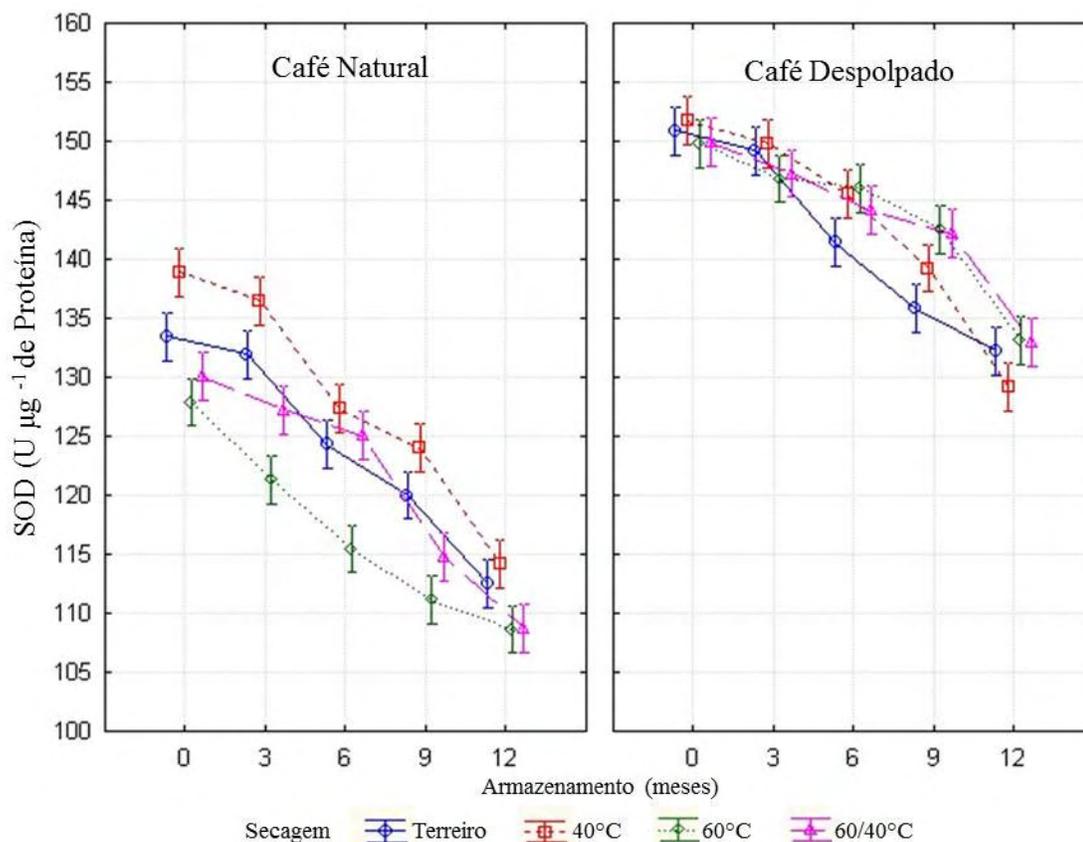


FIGURA 16 Valores médios da atividade da superóxido dismutase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

6.3.4.2.3 Peroxidase (PO)

Na Figura 17, encontram-se expressos os valores médios da variação das atividades da enzima peroxidase (μ Kat μ g⁻¹ de proteína) ao longo do armazenamento (0, 3,

6, 9 e 12 meses) do café despulpado e natural em função dos diferentes métodos de secagem (terreiro e com ar aquecido a 40°C, 60/40°C e 60°C).

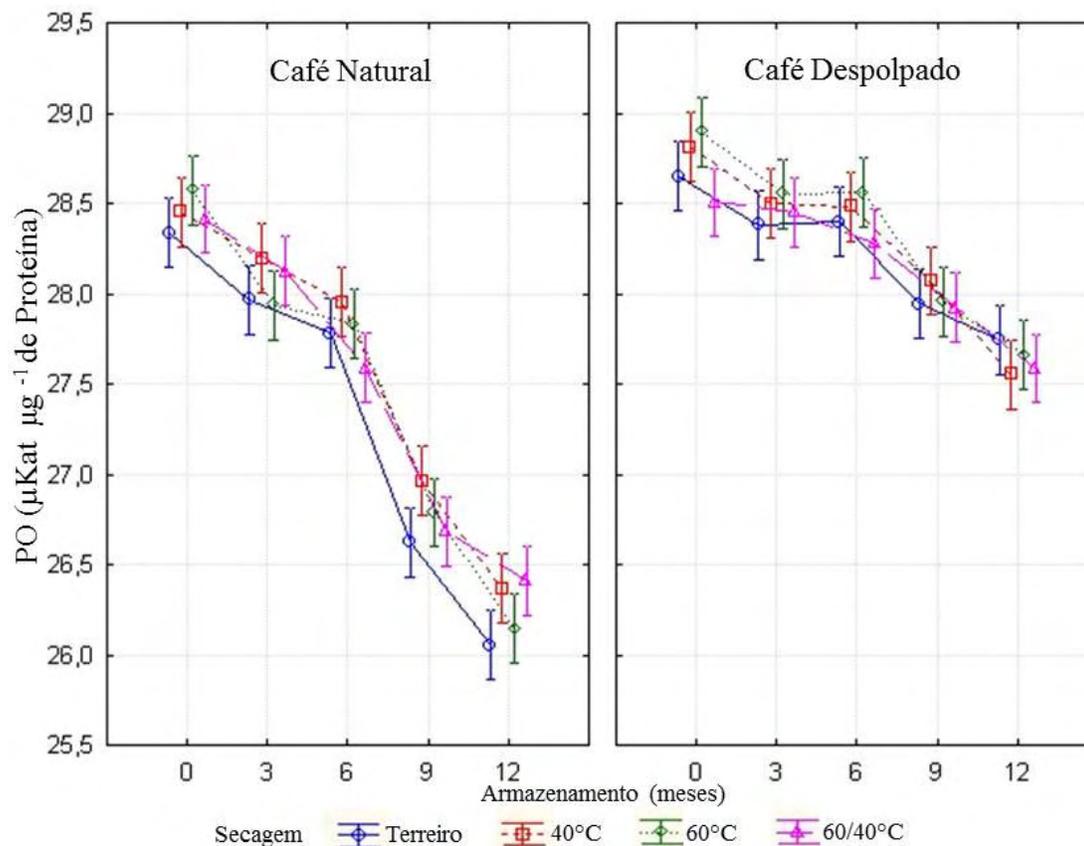


FIGURA 17 Valores médios da atividade da peroxidase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, entre as condições de secagem, não foram observadas diferenças significativas na atividade da enzima PO, o mesmo ocorrendo para o café despulpado para as mesmas condições de secagem. Para os métodos de processamento, foram verificadas diferenças significativas entre o café natural e

despolpado. De modo geral, a enzima peroxidase (Figura 17) apresentou atividade semelhante à enzima catalase (Figura 16) ao longo do armazenamento.

Importante ressaltar que a redução da atividade da enzima PO proporciona maior exposição dos sistemas de membranas aos efeitos do O₂. Com isso, em decorrência do nível de danos das membranas, segundo Vidigal et al. (2009), o oxigênio atua de forma mais intensa, promovendo oxidação dos compostos. Neste estudo, foi verificado que a integridade das membranas dos grãos foi alterada em função do processamento, secagem e armazenamento (Figura 9). Assim, é possível afirmar que com a evolução da deterioração dos grãos, houve um aumento da peroxidação de lipídios (Figura 9c), reduzindo a atividade da enzima peroxidase (Figura 17) e, por consequência, da qualidade da bebida dos cafés (Tabela 2).

6.3.4.2.4 Polifenoloxidase (PPO)

Quanto a influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o café natural, foram observados aumentos nos valores médios da atividade da enzima PPO até os 6 meses e dos 9 aos 12 meses, a atividade foi reduzida, independente, das condições de secagem. Por outro lado, para o café despolpado, foram observadas oscilações nas atividades, entretanto, sem grandes alterações (Figura 18). De modo geral, durante o armazenamento a enzima polifenoloxidase apresentou atividades (U min.⁻¹ g⁻¹ de grãos) similares para o café natural e o despolpado, porém, os cafés do processo via seca apresentaram atividade foi inferior (Figura 18).

Para o café natural, foram verificadas diferenças significativas entre as condições de secagem 40°C e terreiro, observando maiores atividades nestes cafés em relação aos obtidos a secagem 60°C e 60/40°C no início do armazenamento. Porém, para os demais tempos de armazenamento, as variações dessas enzimas foram idênticas (Figura 18).

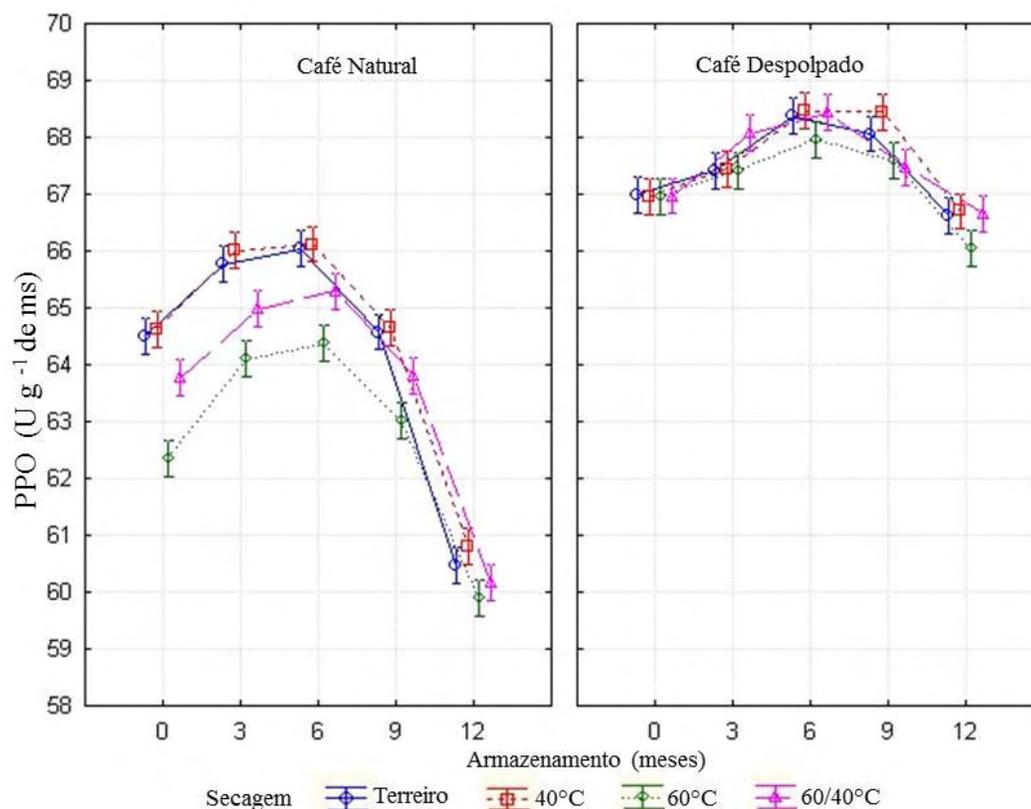


FIGURA 18 Valores médios da atividade polifenoloxidase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Nos grãos de café deste estudo, foram observadas alterações na qualidade físico-química (Tabela 3 a 12), que podem ser atribuídas aos danos às estruturas das paredes celulares (Figuras 9) e racionais alterações químicas e bioquímicas (Figura 10, 11, 12 e 13) e, por consequência, as atividades da enzima PPO (Figura 18).

De acordo com Pimenta et al. (2004), nos grãos de café, as enzimas PPO encontram-se ligadas às membranas celulares e, na presença de oxigênio causa a oxidação de certos compostos (LUPETTI et al., 2003), como as quinonas (AMORIM, 1978). Assim, no presente estudo, é possível afirmar que a alteração nos valores da PPO pode estar relacionada ao estresse do processamento, da secagem e ao tempo armazenamento, pois, em função dos danos causados, essas enzimas interagiram com o metabolismo dos grãos,

modificando as características sensoriais dos cafés. Na avaliação sensorial, as maiores alterações foram observadas no café natural (Tabela 2) e, as mudanças sensoriais indesejáveis foram confirmadas pelos valores de polifenóis (Figura 10a) e de PPO (Figura 18).

6.3.4.3 Caracterização do perfil proteico dos cafés

6.3.4.3.1 Catalase (CAT)

Na Figura 18, encontram-se os padrões enzimáticos representado a variação da atividade da enzima catalase, aos zero, 6 e 12 meses de armazenamento do café despulpado e natural em função dos diferentes métodos de secagem (terreiro e com ar aquecido a 40°C, 60/40°C e 60°C).

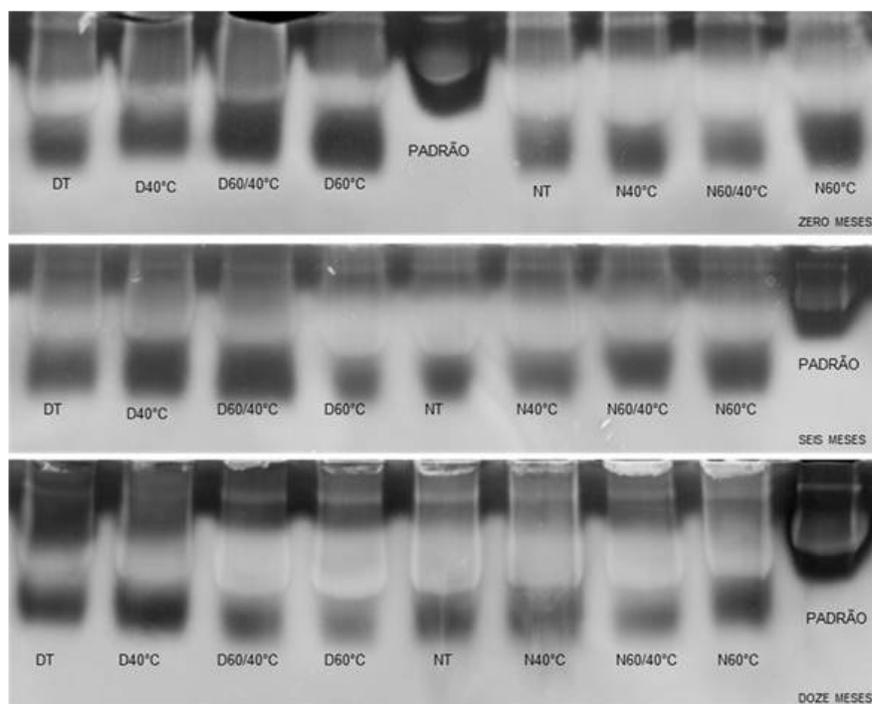


FIGURA 19 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para a enzima catalase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o natural, nas condições de secagem apresentaram diferenças em relação à atividade da enzima catalase, o mesmo ocorrendo para o café despulpado. Pelo padrão da enzima catalase, foi possível verificar diferenças de intensidade e nitidez nas bandas no armazenamento, entre os cafés via seca e via úmida. Observou-se maior atividade da enzima no café despulpado (Figura 19).

A diferença na atividade da enzima CAT nos grãos dos cafés, no início do armazenamento (Figura 19), pode estar relacionada ao estresse de processamento e secagem. Já as reações metabólicas podem explicar a variação no final do armazenamento.

De acordo com Brandão Júnior et al. (2002) e Bor et al. (2003) a perda de viabilidade de sementes está associada com a peroxidação de compostos na presença de oxigênio, o que causa uma série de eventos indesejáveis incluindo a diminuição de lipídios, (WILSON; MCDONALD, 1986) redução da competência respiratória e (BRANDÃO JÚNIOR et al., 2002) aumento na evolução de compostos voláteis como aldeídos. A peroxidação lipídica inicia com a geração de radicais livres, pela autooxidação ou oxidação por enzimas (MCDONALD, 2004).

Segundo Bailly et al. (1996, 2004); Sung e Ching (1995), a catalase é uma enzima envolvida na remoção de peróxidos de hidrogênio (H_2O_2), e que pode desempenhar o controle desses peróxidos, por meio do ciclo de oxidorredução. Neste contexto, é possível afirmar que, a maior atividade dessas enzimas nos cafés despulpados (Figura 19) contribuiu com a manutenção da qualidade fisiológica dos grãos (Figura 9) e qualidade sensorial dos cafés (Tabela 2). Já a menor atividade da catalase no café natural revela danos oxidativos, gerando radicais livres e, por consequência, alterações fisiológicas e mudanças sensoriais.

Dessa forma, pode ser afirmado que, a redução na atividade de enzima catalase, indica que grãos de café mantidos sob condições de estresse, o H_2O_2 produzido pode ser mais consumido em processos oxidativos, como na peroxidação de lipídios, do que eliminado do metabolismo pela ação de enzimas antioxidantes. Esta afirmação pode justificar a menor atividade enzimática e alta peroxidação lipídica no café natural. O resultado deste estudo corrobora com o obtido por Brandão Júnior et al. (2002) que verificaram aumento de

radicais livres e redução das atividades de enzimas removedoras desses radicais em sementes sensíveis à dessecação, sob condições de secagem.

6.3.4.3.2 Superoxido Dismutase (SOD)

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o natural, todas as condições de secagem apresentaram a mesma intensidade em relação à atividade da enzima SOD, o mesmo ocorrendo para o café despulpado, aos 12 meses (Figura 19).

A uniformidade da atividade da SOD nos grãos dos cafés no armazenamento (Figura 19) pode estar relacionada ao estresse de processamento, secagem e tempo de armazenamento, uma vez que, elevada atividade dessas enzimas em plantas, vem promovendo proteção e tolerância das mesmas a estresses. A atividade observada na CAT (Figura 18), provavelmente, é em função a alta produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), resultante da atuação da enzima SOD (Figura 19) na remoção dos radicais livres.

Cataneo et al. (2005) observaram que a SOD protegeu plantas de soja contra o estresse oxidativo ao passo que Nemat Alla e Hassan (2006) e Vidigal et al. (2009) observaram aumentos de atividade da SOD em sementes de milho. Gomes-Junior et al. (2006), estudando o metabolismo antioxidante em cafeeiro, observaram aumento na atividade da SOD, devido o estresse causado pela atividade do cádmio. Por outro lado, Nkang et al. (2000) observaram um decréscimo em atividades de CAT e SOD, associados com aumentos em níveis de hidroperóxidos, durante o processo de secagem de sementes de *Telfairia occidentalis*, sensíveis à dessecação.

Pelo padrão da enzima superóxido dismutase (Figura 19) é possível verificar que não houve alteração no número de bandas nos grãos dos cafés, independente das condições de secagem e tempo de armazenamento.

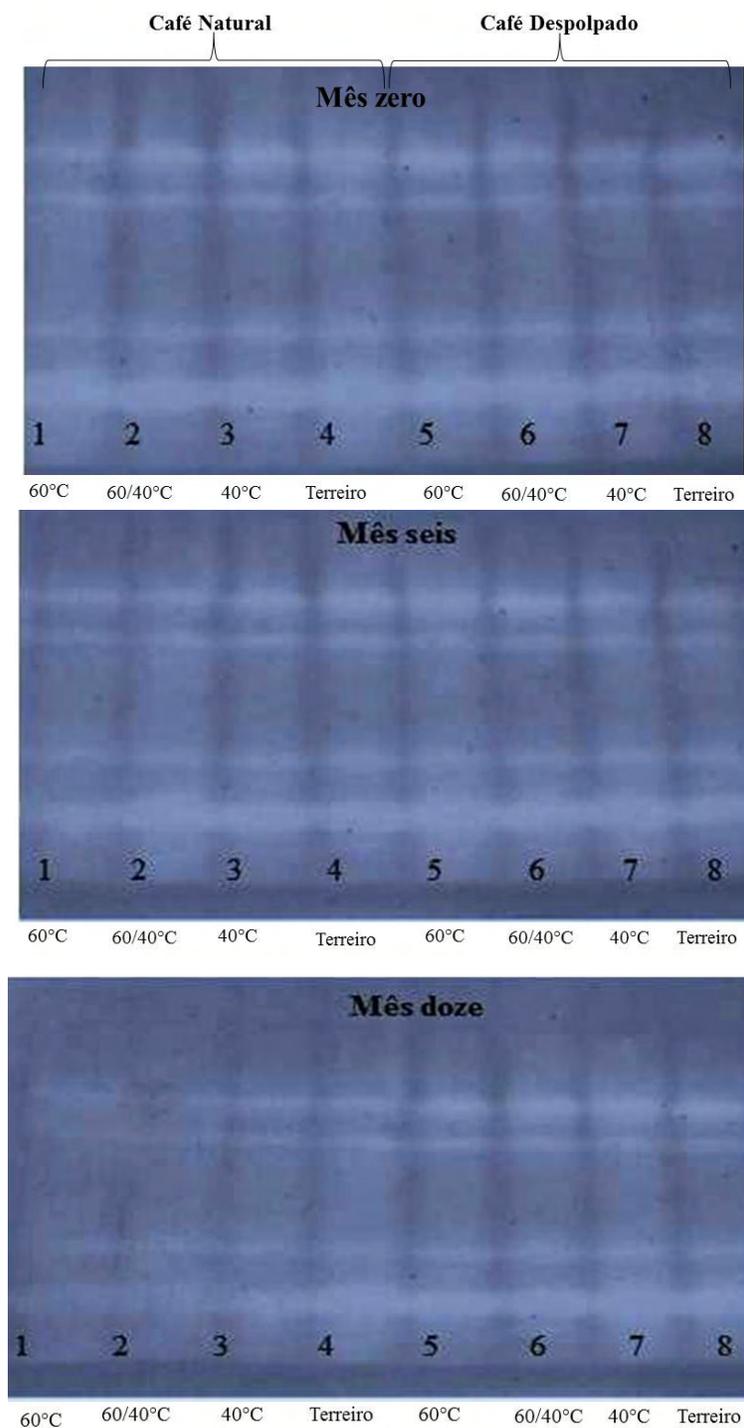


FIGURA 20 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima superóxido dismutase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

A SOD vem sendo apontada como importante mecanismo para evitar o estresse oxidativo. A produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) parece ser um evento dinâmico durante o desenvolvimento vegetal (DEUNER et al., 2008), bem como uma resposta da planta a estresses bióticos e abióticos (APEL; HIRT, 2004). Diferentes processos contribuem para uma maior ou menor atividade das enzimas antioxidantes.

De acordo com Kim e Han (2000) e Deuner et al. (2008) a SOD é responsável pela desintoxicação dos radicais superóxido (O_2^-) gerando H_2O_2 e O_2 e, segundo Gratão et al. (2005) é a primeira na linha de defesa contra o EROS. A constância na atividade da SOD observada neste estudo, indica que em grãos de café sob condições de estresse, o H_2O_2 produzido foi menos consumido em processos oxidativos, como na peroxidação de lipídios, do que eliminado do metabolismo pela ação de enzimas antioxidantes. Supõe-se que esta afirmação pode justificar a uniformidade da atividade enzimática observada.

6.3.4.3.3 Peroxidase (PO)

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o natural, todas as condições de secagem foram observadas variações em relação à atividade da enzima peroxidase, o mesmo ocorrendo para o café despulpado. Os padrões isoenzimáticos dessa enzima variaram em número e intensidade de bandas nos cafés, havendo uma diminuição com o aumento do tempo de armazenamento, principalmente, no café natural (Figura 21).

Para o café natural, a intensidade das bandas reduziu consideravelmente aos 12 meses, independente do método de secagem (Figura 21), indicando aumento de radicais livres e redução das atividades dessa enzima. Para o café despulpado as bandas apresentam-se com pequena redução, supõe-se que o ciclo geração e consumo do H_2O_2 mantiveram-se em equilíbrio ou tenham sofrido pequena alteração nas condições de estresse devido ao armazenamento. A maior redução da atividade pode ser relacionada às alterações fisiológicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas dos constituintes químicos dos grãos.

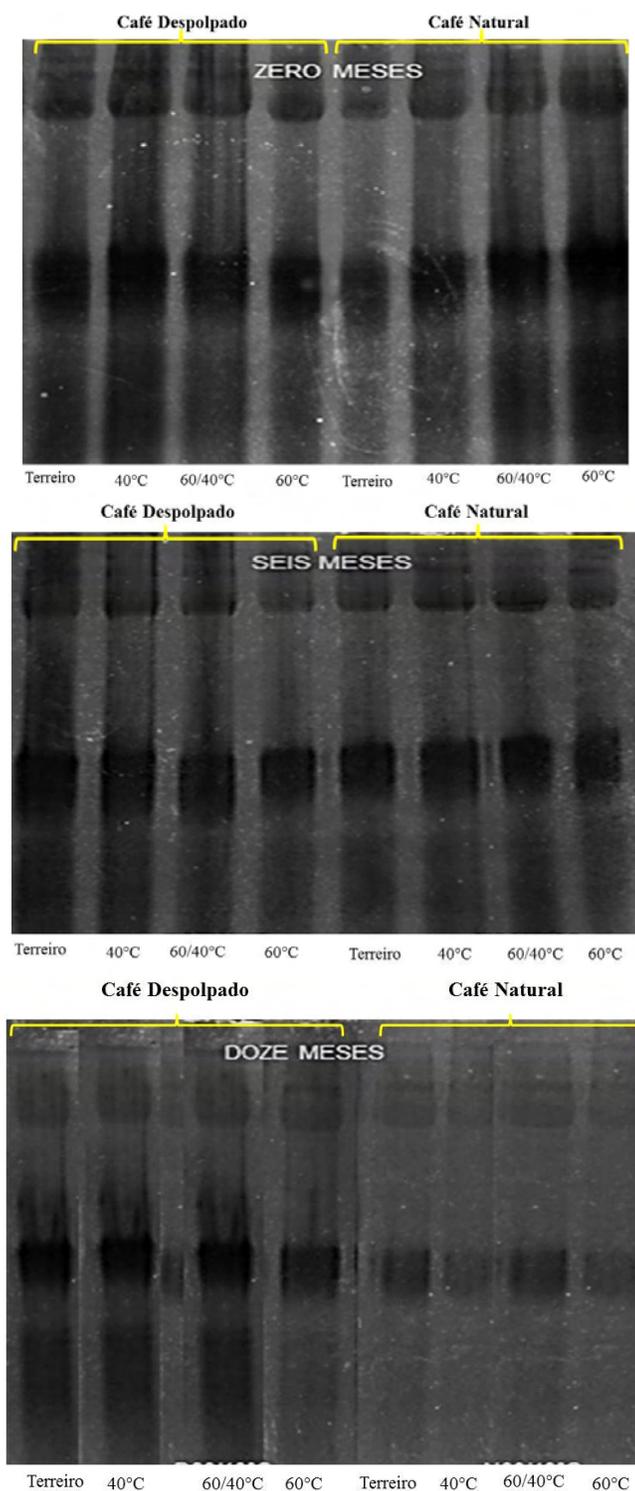


FIGURA 21 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima peroxidase, aos zero, 6 e 12 meses do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Nos vegetais a PO está relacionada à permeabilidade das membranas, formação da parede celular, estando envolvida em diversas reações, ligação de polissacarídeos, oxidações de fenóis, entre outros eventos. Sua atividade, que utiliza o H_2O_2 para oxidar um grande número de doadores de hidrogênio, na maioria dos casos, aumenta sob condições de diferentes situações de estresse. O perfil eletroforético (Figura 21) confirma o aumento da peroxidação de lipídios com a evolução da deterioração dos cafés (Figura 9c). Acredita-se que a redução da atividade dessa enzima pode ter reduzido os mecanismos de defesa dos grãos, expondo-os aos efeitos de O_2 e radicais livres, contribuindo com a deterioração dos grãos e, por consequência, a qualidade fisiológica (Figura 9) e sensorial (Tabela 2).

Segundo Ushimaru et al. (2001) e Brandão Júnior et al. (2002), a enzima peroxidase desempenha papel crítico no metabolismo das sementes, devido a utilização de peróxidos como acceptor de hidrogênio, podendo contribuir para o aumento dos mecanismos de defesa e prevenção de perda na qualidade. Portanto, a menor redução na atividade dessa enzima no café despulpado, pode estar relacionada a integridade das estruturas das paredes celulares (Tabelas 9 a 12 e Figura 9) e, dessa forma a enzima PO desenvolveu suas funções contra danos peroxidativos, favorecendo o equilíbrio entre geração e remoção de radicais nos grãos dos cafés. Por outro lado, no tratamento natural, a considerável redução nas atividades da enzima, pode ser em função dos danos as membranas celulares (Figura 9 e Tabelas 9 a 12) e aos eventos oxidativos, visto que, nas reações metabólicas o H_2O_2 produzido pode ser mais consumido em processos oxidativos, como na peroxidação de lipídios, do que eliminado do metabolismo pela ação de enzimas antioxidantes.

Importante ressaltar que, as enzimas SOD, CAT e PO são associadas aos sistemas de remoção de produtos indesejáveis da peroxidação de lipídios em sementes e grãos (NKANG et al., 2000). Brandão Jr. et al. (2002) também verificaram redução na atividade desta enzima em sementes de café danificadas pela secagem.

Uma vez que a ação da SOD resulta na formação de H_2O_2 , ela está também intimamente ligada com a atividade da catalase e peroxidases, as quais eliminam o H_2O_2 ; mantendo, portanto, a interação com essas e outras enzimas antioxidantes para garantir um balanço altamente otimizado, de forma a reduzir o risco de danos oxidativos (GOMES-JUNIOR et al., 2006a). De modo geral, as modificações nas atividades da CAT, PO e SOD

sugerem uma contribuição considerável dessas enzimas nos mecanismos de decomposição de peróxidos em ambos os processamentos. Os resultados sugerem que no café despulpado a produção de espécies reativas de oxigênio seja menor e/ou possui mecanismos enzimáticos de remoção e/ou de eliminação desses radicais livres mais eficientes do que o café natural.

6.3.4.3.4 Polifenoloxidase (PPO)

Diferentes fatores contribuem para a redução na atividade da enzima PPO (LI; STEFFENS, 2002; LIMA, 2005; MENDONÇA et al. 2007), especialmente, o estresse ambiental (FARAH; DONANGELO, 2006). De acordo com Amorin (1978); Eskin (1990), Mazzafera e Robinson (2000) e Resende (2006) a enzima encontra-se ligada às membranas celulares e (CARVALHO et al., 1994; LOPES et al., 2000) quando estas sofrem danos, a enzima PPO é liberada e ativada ao mesmo tempo, interagindo no metabolismo e, (LUPETTI et al., 2003) na presença de oxigênio molecular (O_2), (AMORIN, 1978 e LEITE et al., 1998) as enzimas PPO podem reagir com substratos fenólicos intra e extracelulares, oxidando-os e transformando-os em quinonas. Estas inibem a atividade da enzima (WHITAKER, 1972, 1995) e, por consequência, (CLIFFORD, 1999; CARVALHO et al., 2001; SANTANA et al. 2008) geram mudanças indesejáveis nas características sensoriais de produtos e bebidas.

Neste estudo, acredita-se que os danos às membranas celulares em função do processamento, da secagem e ao estresse de armazenamento, podem ter causado a liberação e ativação da enzima PPO, oxidando ácidos clorogênicos, transformando-os em quinonas. E, como a polifenoloxidase é inibida pelas quinonas formadas, a atividade dessa enzima diminuí. Assim, o aumento dos compostos fenólicos (Figura 10) pode explicar a redução da atividade da enzima PPO no café natural (Figura 22).

Os padrões isoenzimáticos da enzima PPO variaram em número e intensidade de bandas nos cafés, havendo uma diminuição com o aumento do tempo de armazenamento, principalmente no café natural (Figura 22).

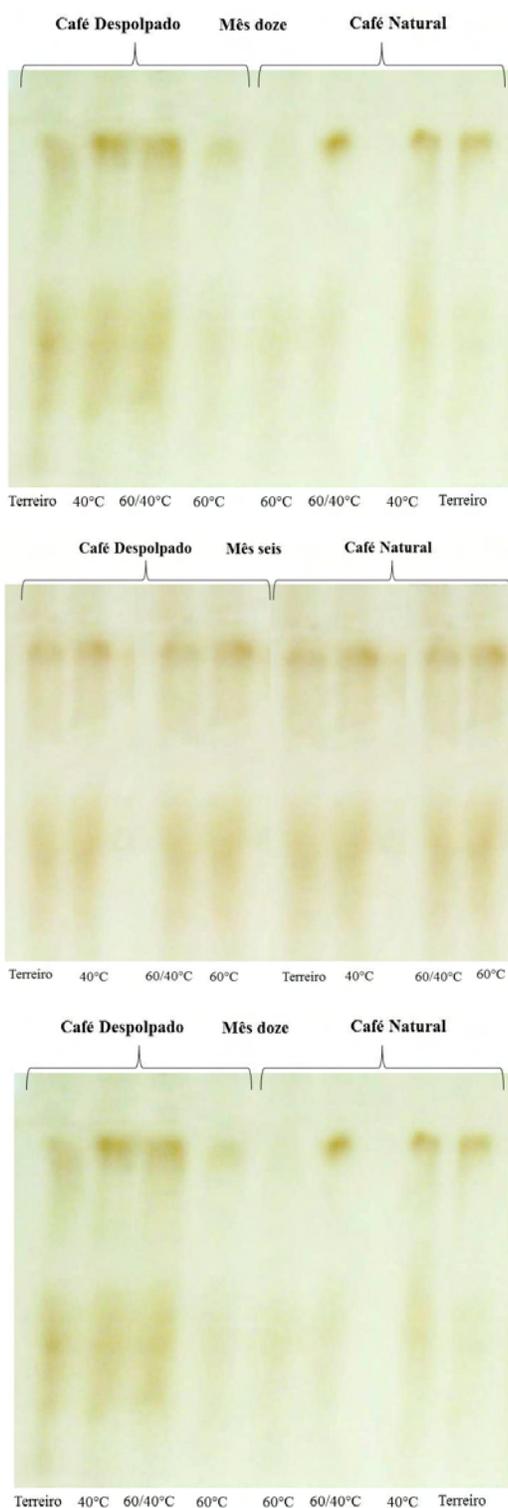


FIGURA 22 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para da enzima polifenoloxidase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Os compostos fenólicos em quantidades elevadas dão ao café sabor adstringente (AMORIN, 1978). Vale ressaltar que estes compostos, entre eles o ácido clorogênico e o caféico, têm a função antioxidante e de proteção dos aldeídos.

Pelos resultados, o café despulpado com melhor qualidade sensorial (Tabela 2), fisiológica (Figura 9) apresentou também a maior atividade da enzima polifenoloxidase, enquanto no café natural que sensorialmente mostrou ser o de pior qualidade de bebida apresentou a menor atividade da enzima PPO (Figura 22) e PO (Figura 21).

Diante desses resultados têm-se evidências de que o rompimento da membrana celular propiciou maior contato entre as enzimas e os compostos químicos que atuam dentro e fora das células do grão dos cafés e, devido às reações químicas e bioquímicas a composição original no café natural foi modificada em maior grau e, por consequência, da qualidade sensorial (Tabela 2). Esses resultados são indicativos de que a integridade das membranas celulares no café despulpado foi preservada.

Os resultados de melhor qualidade de bebida dos cafés, maior atividade da enzima polifenoloxidase e da PO, CAT e SOD, bem como, a menor oxidação de fenólicas e a menor alteração fisiológica, química e bioquímica, podem ser explicados pelo método de processamento, pois do café despulpado são retiradas a casca e a mucilagem, fontes de fermentação prejudiciais à qualidade do café.

O resultado da enzima PPO deste estudo corrobora com Leite et al. (1998) que observaram maior atividade dessa enzima e melhor qualidade fisiológica no café cereja descascado com Lima (2005), que observou alta atividade da enzima PPO e melhor qualidade fisiológica no café despulpado e com Taveira (2009) que observou a melhor qualidade fisiológica e sensorial em café despulpado secado a 40°C.

6.3.4.3.5 Esterase (EST)

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, é possível verificar que para o natural, em relação aos padrões observados para a enzima esterase, maiores atividades foram observadas em grãos

secados a 60°C e 60/40°C, no início do armazenamento. Aos 6 meses não foram verificadas diferenças na atividade dessa enzima, entre os métodos de secagem. Já aos doze meses a atividade da esterase diminuiu consideravelmente, observando a ausência de nitidez nas bandas, apenas constatou-se a presença de traços. Para o café despulpado, maiores atividades da enzima esterase foram observadas na condição de secagem 60°C e 60/40°C, aos 6 e 12 meses de armazenamento (Figura 23).

Pelo padrão da enzima, que está relacionada à hidrólise de ésteres, mostra que houve variação na atividade da esterase, entre os cafés via seca e via úmida, e em razão do tempo de armazenamento, redução na atividade da enzima no café natural (Figura 23). Torna-se importante ressaltar, mesmo havendo variações nos índices de atividade da EST em função do estresse de armazenagem, para o café despulpado, a enzima mostrou eficiência nas suas funções, visto que no final do armazenamento continua com as atividades em pleno funcionamento (Figura 23).

Comparando os padrões isoenzimáticos da esterase (Figura 23) com a qualidade sensorial (Tabela 2), observou-se que para o café natural, em função do estresse do tempo de armazenamento, a atividade da enzima foi reduzida, acarretando prejuízos à qualidade da bebida desses cafés, entretanto, no café despulpado, tanto a atividade da esterase como a qualidade sensorial foi mantida.

Pelos resultados nos padrões da enzima esterase, foi possível verificar efeito negativo no café natural (Figura 23). É possível afirmar que, as alterações dessa enzima evidenciam a ocorrência de eventos deteriorativos nos grãos dos cafés em função das reações metabólicas, pois, a peroxidação de lipídios é um evento associado a danos de membrana celulares dos grãos, que podem contribuir para a redução da esterase, visto que, de acordo com Brandão Júnior et al. (2002) esta é uma enzima envolvida em reações de hidrólise de ésteres e no metabolismo de lipídios.

A redução da atividade da enzima EST (Figura 23) reduz a eficiência de proteção nos fosfolipídios das membranas (CARVALHO, et al., 2006; HENNING et al. 2009) e, por consequência, o sistema de membranas das organelas entra em declínio, tornando-se mais suscetíveis aos efeitos deletérios do O₂ e permitindo maior produção de lipídeos (BEWLEY; BLACK, 1994; SANTOS et al., 2004; VEIGA et al., 2010).

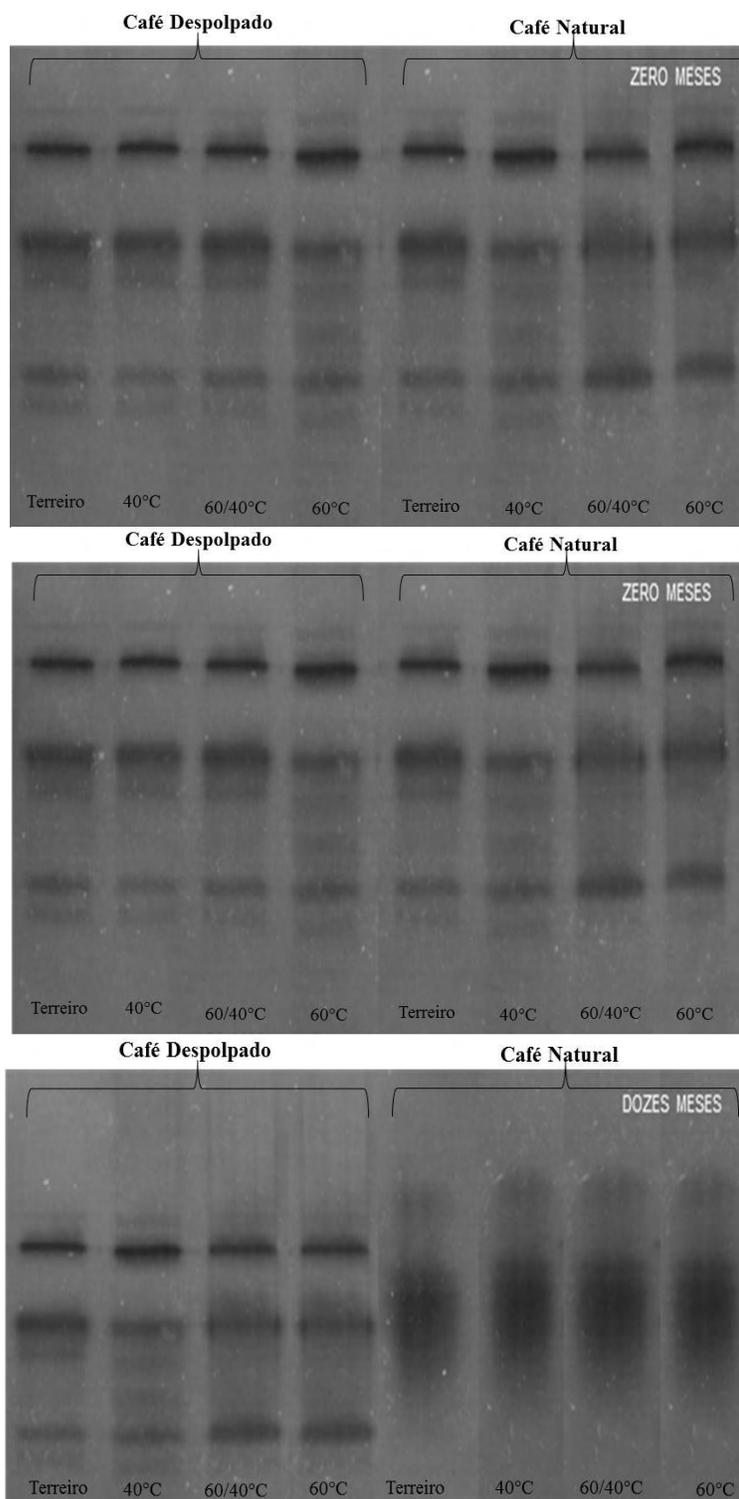


FIGURA 23 Padrões enzimáticos de grãos de café revelados para a enzima esterase, ao longo do armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Os padrões da enzima esterase deste estudo corroboram com Brandão Junior et al. (1998) que observaram a diminuição do número e intensidade de bandas de esterase com a perda da viabilidade das sementes de café, com Brandão Júnior et al. (2002) que observaram em sementes secas apresentaram aumento da intensidade das bandas com a evolução do processo de desenvolvimento; nas sementes não secas e colhidas no estágio verde as bandas estiveram ausentes e nas dos estádios verde-cana e cereja, aumento da intensidade das bandas com a evolução do desenvolvimento. E com Carvalho, et al. (2006) que verificaram a influência do tempo de envelhecimento artificial na redução da atividade dessa enzima à medida as sementes foram envelhecidas.

Importante ressaltar que, durante o armazenamento o grão vai envelhecendo naturalmente, assim, com o passar do tempo, a enzima pode diminuir a eficiência nas suas atividades. A redução na atividade em função do estresse do tempo de armazenamento pode ser constatada pela diminuição da intensidade de bandas no perfil eletroforético. Entretanto, de acordo com Brandão Junior et al. (1999) a ação deteriorativa de microrganismos pode interferir nesta avaliação.

6.3.4.3.6 Atividade de proteínas resistentes ao calor (*LEA*)

No perfil eletroforético das proteínas *LEA* (Figura 24), para os cafés natural e despulpado, independentemente do método de secagem, é possível verificar diferenças significativas na intensidade de bandas. Para o café natural, no início do armazenamento observou-se maior atividade da *LEA*, para as condições de secagem 60°C e 60/40°C (Figura 24a). Aos 3 meses não foram observadas diferenças significativas, exceto, os cafés secados a 40°C, os quais apresentaram menor intensidade de bandas (Figura 24b). Para o café despulpado, no início do armazenamento, a maior intensidade de bandas foi verificada na condição de secagem 60°C (Figura 24a), aos 3 meses nos cafés secados a 60/40°C e 40°C (Figura 24b).

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de secagem, para o café natural notou-se uma tendência de

aumento de intensidade das bandas, com exceção aos 12 meses, o mesmo ocorrendo para o café despulpado nas mesmas condições de secagem (Figura 24, 25, 26).

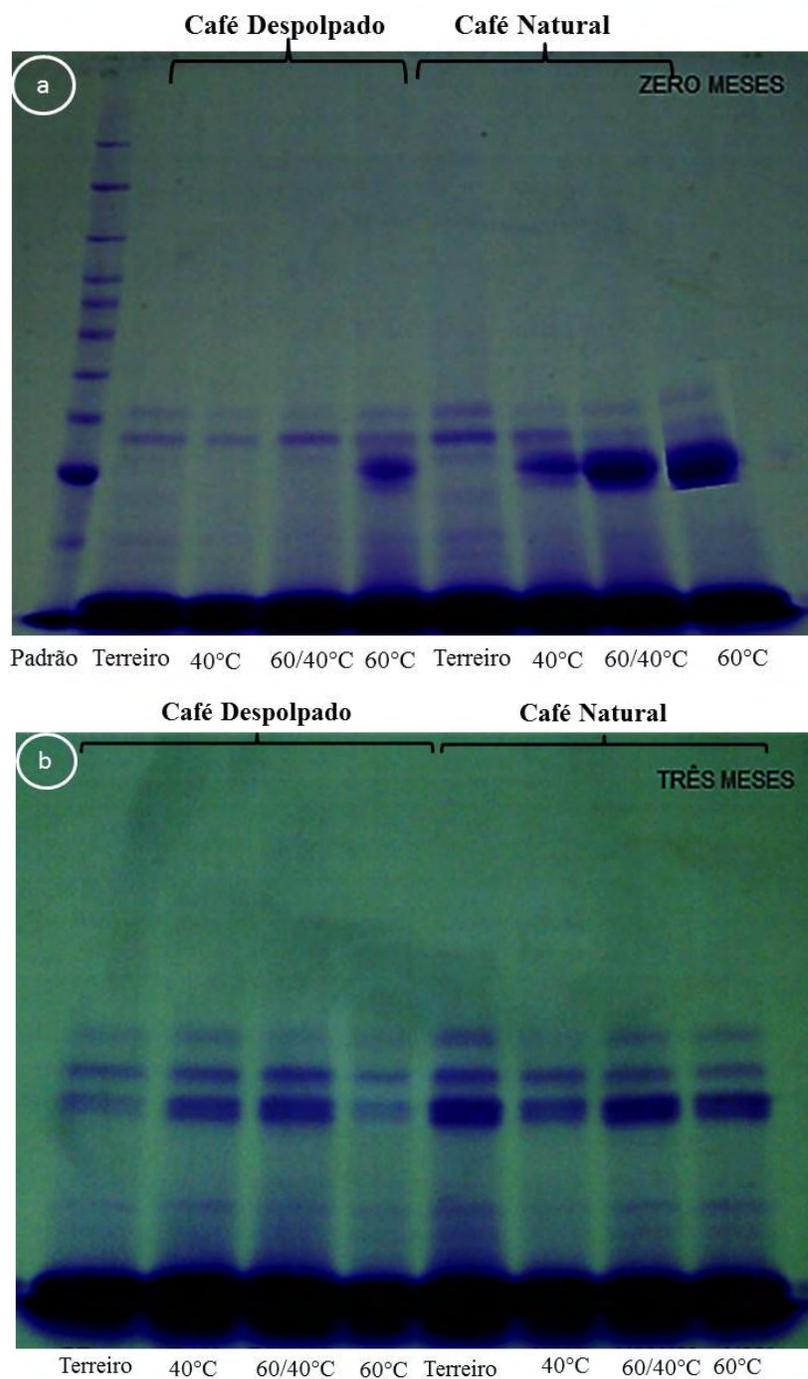


FIGURA 24 Padrões eletroforéticos das proteínas *LEA* em grãos de café, aos zero e 3 meses de armazenamento, dos cafés natural e despulpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

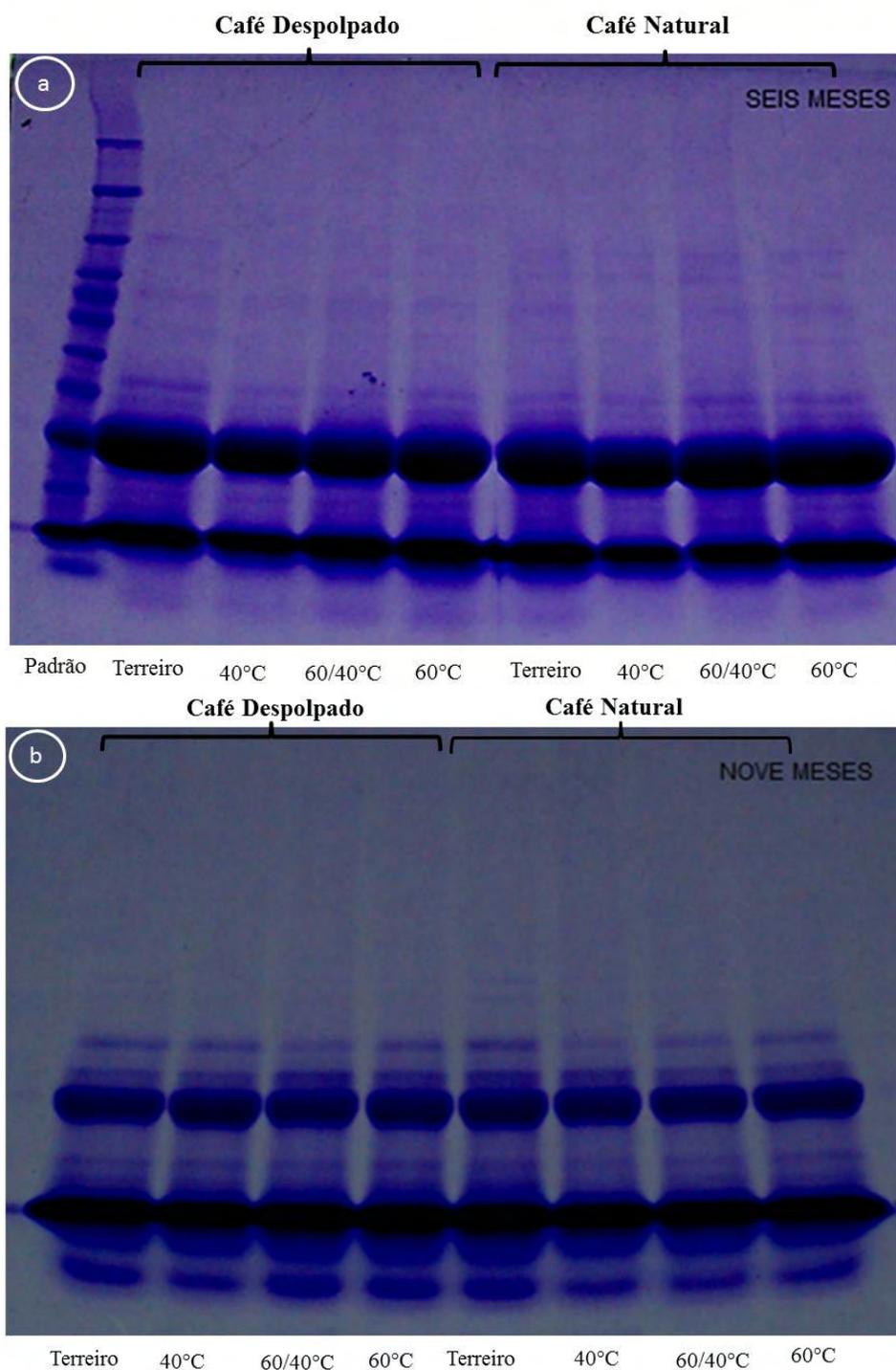


FIGURA 25 Padrões eletroforéticos das proteínas *LEA* em grãos de café, aos 6 e 9 meses de armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

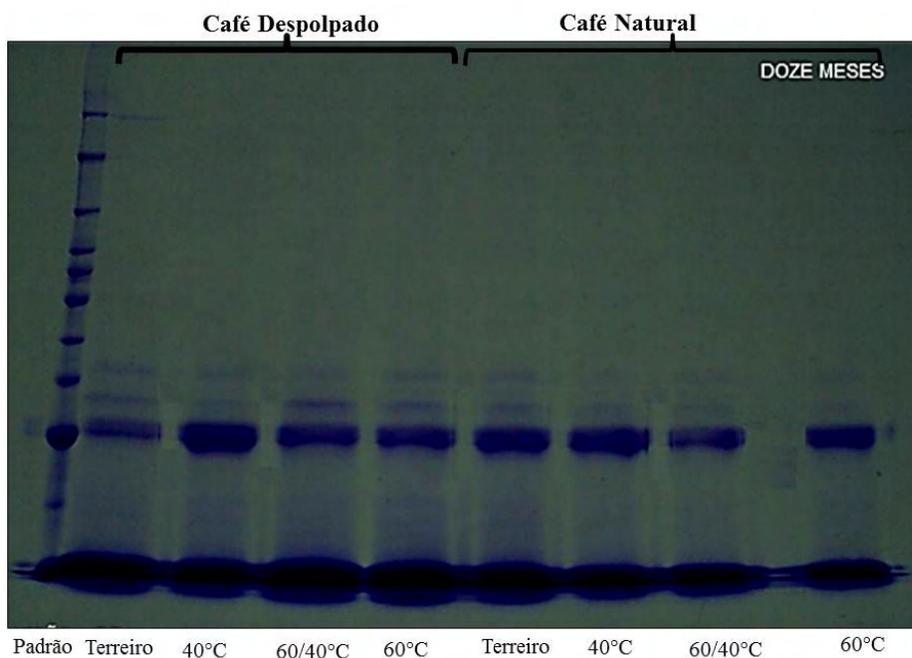


FIGURA 26 Padrões eletroforéticos de grãos de café revelados para proteínas *LEA* em grãos de café, aos 12 meses de armazenamento, dos cafés natural e despolpado, secados em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C.

Analisando-se os perfis eletroforéticos (Figura 24b, 25 e 26) verificou-se que o armazenamento, também, teve influência na atividade das proteínas *LEA*, sendo observadas modificações nas atividades devido ao tempo de armazenamento. Ainda, nota-se variação progressiva na intensidade das bandas com o aumento do tempo de armazenamento, indicando que em função do estresse de armazenamento a proteína *LEA*, também, tem um incremento na atuação em defesa ao sistema de membranas nos grãos de café.

Aos 6 meses de armazenamento, é possível verificar pequena variação na intensidade de bandas. Não foram observadas diferenças significativas entre o café natural e despolpado, nas mesmas condições de secagem (Figura 25a). Aos 9 meses verificou-se um maior número de bandas e maior atividade nas bandas visíveis (Figura 25b), observando-se que a atividade e o número de bandas não diferenciou significativamente. Por outro lado, aos 12 meses, de maneira geral, verificou-se redução no número de bandas e na atividade das bandas visíveis (Figura 26). Para o café natural, os cafés secados em terreiro apresentaram a

maior intensidade de bandas. No café despulpado, é possível verificar pequena variação da atividade nas bandas visíveis, entre os cafés secados em terreiro, 40°C, 60°C e 60/40°C, entretanto, estes não apresentaram diferença significativa na atividade da proteína *LEA*.

Pelo resultado do perfil eletroforético de proteínas *LE* no início do armazenamento (Figura 24a), pode-se afirmar que ocorreu indução de tolerância nas temperaturas de secagem, em decorrência da ativação de mecanismos de defesa contra os efeitos danosos da retirada de água. A variação da atividade entre o café natural e despulpado pode ser explicada pela presença do epicarpo e mesocarpo, visto que de acordo com Saath (2007) e Saath et al. (2010) esses impõem certa resistência a evaporação da água no café durante a secagem. O aumento da atividade e do número de bandas as 3,6 e 9 meses, pode ser associado ao estresse de armazenamento, visto que, os mecanismos de defesa ativos aumentam sua atividade. Supõe-se que a redução da atividade das enzimas EST (Figura 23) pode ter reduzido a eficiência de proteção nos fosfolipídios das membranas (CARVALHO, et al., 2006; HENNING et al. 2009) e, por consequência, o sistema de membranas das organelas entra em declínio, tornando-se mais suscetíveis aos efeitos deletérios do O₂ (BEWLEY; BLACK, 1994; SANTOS et al., 2004; VEIGA et al., 2010) e permitindo maior produção de lixiviados (Figura 9). Neste contexto supõe-se explicar a redução da atividade das proteínas *LEA* aos 12 meses de armazenamento (Figura 24, 25).

De acordo com Leprince et al. (1994) e Guimarães et al. (2002), estas proteínas são sintetizadas e acumuladas nos estádios mais tardios do desenvolvimento de sementes, antes ou durante a secagem. Em função da atividade da *LEA* estar associada à tolerância da dessecação e proteção dos sistemas de membranas, tem sido estudada durante os processos de dessecação (BLACKMAN et al., 1991; LEPRINCE et al., 1995; BERJAK, 2007). Trabalhos associando a atividade da proteína *LEA* ao armazenamento ainda não foram desenvolvidos, desta forma, os mecanismos de ação e reação da atividade carecem.

Segundo Blackman et al. (1991), Leprince et al. (1995) e Berjak (2007) as modificações ocorridas nas proteínas *LEA* em função da secagem, reduzem a tolerância à dessecação de sementes. De acordo com Guimarães et al. (2002) e Taveira (2009), alterações ocorridas nas proteínas *LEA* induzem a redução da tolerância à dessecação da semente de cafeeiro. Segundo Veiga et al. (2005) e Taveira (2009) as alterações dessas proteínas em função da secagem são reportadas na baixa qualidade fisiológica das sementes.

Relacionando o resultado dos perfis eletroforéticos (Figura 24, 25, 26) com a qualidade fisiológica (Figura 9) e sensorial (Tabela 2), observou-se relação direta com os valores da qualidade fisiológica, com exceção aos 12 meses (Figura 26) e ocorrendo o mesmo de forma inversa com o resultado da sensorial. Os cafés que apresentaram maior redução das atividades e número de bandas mostraram maiores índices de CE, LK e AG e, obtiveram as menores notas na análise sensorial.

Torna-se importante ressaltar que, a intensidade e o número de bandas indica a atuação da proteína *LEA* como um mecanismo de defesa e proteção durante a secagem, pois é uma das proteínas que atua contra o estresse térmico. A partir desta hipótese, pode-se afirmar que essas proteínas atuaram positivamente contra o estresse de armazenamento. Os processos metabólicos devido à variação dos teores de água nos grãos, em função da temperatura e umidade relativa do ar, podem justificar a atuação da *LEA* ao longo do armazenamento. Portanto, é possível afirmar que a proteína *LEA* está ligada ao estresse de modo geral e, não somente a temperatura de secagem.

De maneira geral, os resultados das avaliações de enzimas removedoras de radicais livres e proteínas *LEA*, realizadas permitem afirmar que estes sistemas protéicos podem ser considerados como atuantes mecanismos de proteção celular contra os efeitos danosos da redução do teor de água nos grãos dos cafés e contra o estresse de armazenamento. Além disto, outro sistema protéico, o das enzimas esterases ligada à viabilidade e ao envelhecimento dos grãos e, por consequência, a deterioração dos grãos, podem ser danificadas no processamento e na secagem. Portanto, estes resultados ajudam no entendimento das causas dos danos que podem ocorrer em decorrência do estresse de processamento, secagem e armazenamento.

6.4 Caracterização dos ácidos graxos dos cafés

O perfil dos principais ácidos graxos presentes no óleo dos grãos de café de natural encontra-se representado na Tabela 13.

TABELA 13 Perfil de ácidos graxos do óleo de grãos de café ($\mu\text{g } 100 \mu\text{g}^{-1}$), do café natural secado em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C, aos zero e 12 meses de armazenamento.

Ácido Graxo	TRATAMENTO NATURAL							
	Terreiro		40°C		60/40°C		60°C	
	zero (meses)	12 (meses)	zero (meses)	12 (meses)	zero (meses)	12 (meses)	zero (meses)	12 (meses)
Mirístico (14:0)	0,086	0,095	0,087	0,099	0,076	0,090	0,072	0,092
Palmítico (16:0)	35,433	35,562	35,339	35,474	35,445	35,612	35,318	35,622
Esteárico (C18:0)	7,098	7,163	7,049	7,102	7,098	7,121	7,069	7,161
Oléico (C18:1)	8,109	8,114	7,977	8,167	8,041	8,172	7,96	8,185
Vacênico (18:1 c11)	0,477	0,469	0,528	0,420	0,482	0,442	0,517	0,443
Linoléico (C18:2)	43,203	43,251	43,358	43,464	43,432	43,590	43,202	43,261
α - linolênico (C18:3 n-3)	1,371	1,332	1,389	1,375	1,365	1,321	1,365	1,316
Araquídico (C20:0)	2,551	2,485	2,479	2,402	2,503	2,403	2,636	2,477
Gadoléico (C20:1);	0,265	0,292	0,265	0,293	0,279	0,288	0,282	0,287
Eicosadienóico (C20:2)	0,041	0,036	0,047	0,046	0,039	0,045	0,045	0,044
Araquidônico (C20:4)	0,697	0,768	0,751	0,693	0,774	0,712	0,781	0,716
Docosadienóico (C22:2)	0,178	0,213	0,208	0,197	0,215	0,005	0,195	0,220

Quanto à influência do tempo de armazenamento para cada método de processamento e condições de armazenamento, é possível verificar que para o café natural, de acordo com os resultados da caracterização dos ácidos graxos do óleo dos cafés, em relação aos ácidos obtidos, podem ser observadas pequenas variações, entre zero e 12 meses de armazenamento, independente, do método de secagem (Tabela 13), ocorrendo o mesmo para o café despulpado nas mesmas condições de secagem (Tabela 14). A variação média nos valores

representa pouco mais de 1%. Nos cafés processados via seca, entre os ácidos identificados no óleo dos cafés, destacam-se os ácidos linoleico e palmítico, seguidos moderadamente pelo oleico e esteárico e pequena quantidade de ácido araquídico, linolênico, araquidônico, vacênico, gadoleico, docosadienoico, mirístico, e ácido eicosenóico (Tabela 13). Estes ácidos, também, foram os principais detectando nos cafés do processo via úmida (Tabela 14).

Para o café natural, nas condições de secagem, o ácido graxo predominante no café logo após a secagem (início) e aos 12 meses do armazenamento, é o linoleico (C18:2), que apresentou no início valores de 43,251 a 43,599 e no final, de 43,203 a 43,358 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo, o ácido palmítico (C16:0), de 35,318 a 35,445 e aos 12 meses de 35,622 a 35,474 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo, em quantidades menores, ácido oleico (C18:1), que no início apresentou de 7,960 a 8,109 e aos 12 mese de 8,114 a 8,185 599 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo, ácido esteárico (C18:0), de 7,049 a 7,098 e aos 12 meses de armazenamento 7,102 a 7,163 599 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo (Figura 13).

Para o café despulpado, nas condições de secagem, o ácido graxo predominante no café logo após a secagem (início) e aos 12 meses do armazenamento, é o linoleico (C18:2), que apresentou no início valores de 42,813 a 43,586 e aos 12 meses de 43,290 a 43,586 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo, o ácido palmítico (C16:0), de 35,462 a 35,484 e aos 12 meses de 35,549 a 35,597 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo, em quantidades menores: ácido oleico (C18:1), que no início apresentou de 8,046 a 8,134 e aos 12 mese de 8,164 a 8,304 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo, ácido esteárico (C18:0), de 7,175 a 7,358 e aos 12 meses de armazenamento 7,095 a 7,166 μg de ácido $100 \mu\text{g}^{-1}$ de óleo (Figura 14).

Devido ao estresse do tempo de armazenamento, ocorreu uma redução do ácido linoleico com consequente aumento do ácido palmítico. Aos 12 meses houve um aumento no teor de C16:0, no café natural e despulpado, independente do método de secagem, mas a porcentagem deste ácido no óleo durante armazenamento é variável.

O perfil dos principais ácidos graxos presentes no óleo dos grãos de café despulpado encontra-se representado na Tabela 14.

TABELA 14 Perfil de ácidos graxos do óleo de grãos de café ($\mu\text{g } 100 \mu\text{g}^{-1}$), do café depolpado secado em terreiro e sob ar aquecido a 40°C, 60°C e 60/40°C, aos zero e 12 meses de armazenamento.

Ácido Graxo	TRATAMENTO DESPOLPADO							
	Terreiro		40°C		60/40°C		60°C	
	zero meses	12 meses	zero meses	12 meses	zero meses	12 meses	zero meses	12 meses
Mirístico (14:0)	0,086	0,094	0,082	0,092	0,085	0,089	0,075	0,095
Palmítico (16:0)	35,462	35,561	35,467	35,597	35,484	35,546	35,484	35,549
Estearíco (C18:0)	7,358	7,166	7,204	7,138	7,175	7,095	7,266	7,136
Oléico (C18:1)	8,175	8,103	8,375	8,302	8,184	8,146	8,164	8,134
Vacênico (18:1 c11)	0,520	0,431	0,475	0,425	0,495	0,465	0,506	0,408
Linoléico (C18:2)	42,872	43,290	42,813	43,586	43,404	43,283	43,322	43,301
α - linolênico (C18:3 n-3)	1,345	1,344	1,349	1,348	1,347	1,345	1,345	1,343
Araquídico (C20:0)	2,543	2,412	2,494	2,208	2,494	2,263	2,454	2,317
Gadoléico (C20:1);	0,284	0,273	0,294	0,283	0,297	0,288	0,299	0,290
Eicosadienóico (C20:2)	0,048	0,041	0,042	0,042	0,043	0,039	0,041	0,032
Araquidônico (C20:4)	0,788	0,760	0,762	0,756	0,735	0,721	0,769	0,735
Docosadienóico (C22:2)	0,242	0,233	0,224	0,221	0,224	0,201	0,246	0,206

Segundo alguns autores, como SPEER et al. (1993), no óleo predomina o ácido linoléico (40 – 45%). TNIKOLOVA-DAMYANOVA et al. (1998), identificaram dez ácidos graxos no grão de café, Vidal (2001) identificou sete e Wagemaker (2009) seis como principais, sendo o ácido palmítico e o linoleico os predominantes. No presente estudo, são doze os principais identificados, estando em maior proporção o ácido

linoleico seguido pelo ácido palmítico. Na Figura 27 encontra-se representado um cromatograma típico da caracterização dos ácidos graxos.

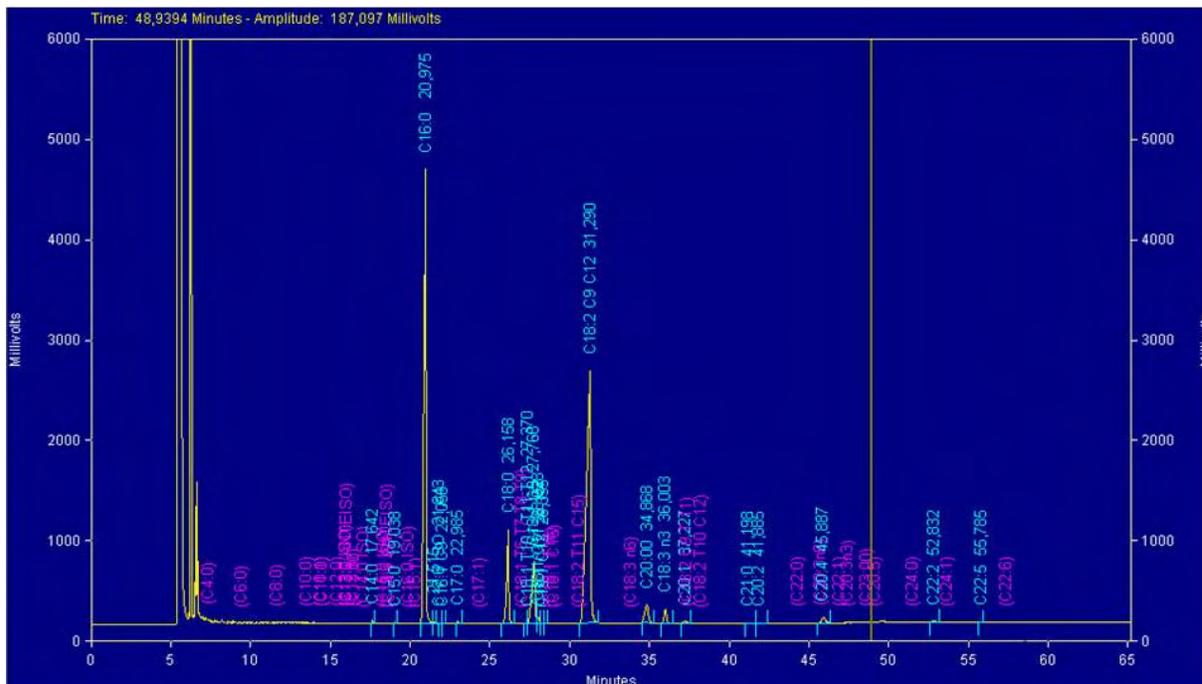


FIGURA 27 Cromatograma representativo da determinação da composição em ácidos graxos de óleo do café.

Os ácidos insaturados, como C18:1, C18:2 e C18:3 são bastante suscetíveis a reações de degradação, caindo sua porcentagem no óleo durante o armazenamento. O ácido linoleico, que foi encontrado em maior porcentagem no óleo, sofreu uma maior variação durante armazenamento. O ácido esteárico também sofreu alteração, para este ácido observou-se relação inversa entre o café natural e o despulpado, independente do método de secagem. As alterações em função da hidrólise levam à liberação de ácidos graxos, que é indicado pelo aumento da acidez (Figura 9c).

Vale ressaltar que, os ácidos provenientes dos grãos de café, além da importância para a bebida do café, são associados à saúde humana. O ácido esteárico,

especificamente, com relação às doenças coronarianas (SASAKI, 2008; WAGEMAKER, 2009). Já o ácido oléico vem sendo empregado em formulações cosméticas e farmacêuticas (ALVAREZ; RODRIGUEZ, 2000).

A respeito da influência do tempo de armazenamento sobre o teor de ácidos graxos, foi possível verificar que a composição de ácidos graxos mostrou variações, aos 12 meses de armazenamento (Tabela 13, 14). Isto demonstra que houve uma degradação para todos componentes do óleo. Segundo VERTUCCI (1992) as reações peroxidativas em que as ligações éster entre o glicerol e as cadeias de ácidos graxos são quebradas ou quando ligações insaturadas são atacadas por radicais livres estão diretamente envolvidas com as mudanças na composição de triacilgliceróis. Neste estudo, estas mudanças ocorrem durante o envelhecimento dos grãos dos cafés e não durante a secagem destes, visto que nos cromatogramas é possível verificar que a diferença no teor de TAG's foi mais intensa em razão do tempo, que em função dos métodos de processamento e condições de secagem. Nos valores observa-se que a composição dos ácidos graxos não variou em função dos métodos de secagem durante o armazenamento. O ácido palmítico é um ácido graxo contendo 16 carbonos e, é o ácido que aparece em maior proporção no óleo de café entre os saturados, observando-se variação crescente aos 12 meses. Por outro lado, o ácido linoleico apresenta-se em maior porcentagem entre os ácidos insaturados, sofrendo variação decrescente no armazenamento.

Os resultados podem sugerir que a liberação de ácidos graxos não é uniforme e que a degradação se dá de forma diferente de um ácido graxo para outro. Está observação corrobora com Wajda e Walczyk (1978); Afonso Júnior (2001); Vidal (2001) Kurzrock et al. (2004), Quast e Aquino (2004). Ainda, na caracterização dos ácidos graxos nos óleos dos cafés, o ácido α -linolênico, mesmo, que em menor proporção têm seus valores dentro da média com os obtido por Wagemaker (2009) em sementes de *caffea arabica*.

Sabendo que a determinação da composição de ácidos graxos dá uma estimativa das alterações na qualidade do óleo. A variação na concentração dos ácidos insaturados, neste estudo, pode ser relacionada às variações dos teores de água dos grãos durante armazenamento, e sua determinação indica o grau de dano de armazenamento. A redução da concentração de ácidos graxos polinsaturados indica que houve deterioração oxidativa durante o armazenamento, que se reflete no menor teor de óleo (Tabela 13, 14) que,

por consequência, levou as alterações fisiológicas, físico-químicas, químicas, bioquímicas, enzimáticas e sensoriais.

De acordo como Fourny et al. (1982) as alterações químicas ocorridas no óleo são em função da hidrólise, a qual leva à liberação de ácidos graxos, que é indicado pelo aumento da acidez e da ação oxidativa, pela qual é degradada a cadeia de ácido graxo, dando origem a outros compostos. Os lipídios que são compostos pelos ácidos graxos são um dos principais componentes do café e, a sua oxidação causa importantes modificações no sabor e odor dos cafés, que segundo Quast e Aquino (2004) provocam perda de qualidade do produto. As oxidações no armazenamento formam compostos indesejáveis ao paladar, entre eles, (SALVA; LIMA, 2007) sabor de café velho e odor de ranço.

Importante ressaltar que, quanto maior o teor de ácido linoleico melhor a qualidade da bebida. Uma vez que os ácidos graxos insaturados estão relacionados à formação de aldeídos, como 2-enais (Fourny et al., 1982) e, acredita-se que a degradação deste composto influenciou negativamente a qualidade dos cafés.

Supõe-se que as reações dos lipídios com a parte não lipídica dos grãos, juntamente com reações peroxidativas nos triacilgliceróis contribuíram de forma determinante para redução do teor de ácidos insaturados (Tabela 13, 14). Uma vez que a deterioração da semente, associada ao conteúdo não lipídico da semente causa aquecimento da mesma, levando à degradação das cadeias de triacilgliceróis. (VERTUCCI, 1992). Dessa forma é possível afirmar que a degradação do óleo por hidrólises e oxidações gerou redução na atividade das enzimas na presença do oxigênio, produzindo radicais livres e peróxido de hidrogênio, espécies químicas muito reativas que lesaram a estrutura celular (Figura 9) e, modificações indesejáveis nos grãos dos cafés que, por consequência, diminuíram a qualidade da bebida dos cafés (Tabela 2).

Cabe ressaltar, o óleo de café beneficiado grão cru, interfere na qualidade da bebida do café e, segundo Wagemaker (2009) devido a sua composição lipídica tem ação antioxidante. Neste sentido e considerando os percentuais dos ácidos linoléico, linolênico, oléico e palmítico, pode ser importante insumo para a formulação de cosméticos e fármacos, tendo em vista que a propriedade oferecida pelos ácidos graxos auxilia a manutenção da integridade da pele. Apoiado nesta hipótese supõe-se que o resultado deste estudo, apesar da redução dos ácidos insaturados, os cafés aos 12 meses apresentaram valores

dentro dos mencionados na literatura (NYANZI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005; Wagemaker, 2009).

Considerando a composição de ácidos graxos, entre as causas da variação destes, o fator genético (WAGEMAKER, 2009) e a temperatura tem sido identificada como os mais importantes fatores que influenciam na biossíntese de ácidos graxos polinsaturados (NYANZI et al., 2005). De acordo com Oliveira et al. (2005) a composição dos ácidos graxos de grãos de café arábica sofre apenas pequena variação sem efeito significativo devido aos grãos com defeitos. A variação da composição dos ácidos graxos observada neste estudo, justifica-se pelo fator tempo de armazenamento. Este resultado corrobora com Vidal (2001) que verificou redução dos ácidos insaturados em função do tempo de armazenamento.

A presença de acilgliceróis parciais, com uma ou duas cadeias ramificadas de ácidos graxos, é resultante da degradação dos triacilgliceróis, causada por reações diversas em função do estresse do tempo de armazenamento, visto que, possibilitou elevar o índice de peróxidos desse óleo dentro do grão. Embora haja a presença de antioxidantes naturais, sua composição em ácidos graxos apresenta alto teor de ácidos graxos insaturados (Tabela 13, 14), que são propensos a reagir com o oxigênio do ar e, portanto, sofrer oxidação. Por outro lado, o período de 12 meses de estocagem foi suficiente para que sejam notadas alterações nos índices dos ácidos presentes no grão dos cafés.

A oxidação do café inicia-se nos grãos crus e reflete-se nas características do produto final, devendo-se considerar o tempo de armazenamento do produto. As alterações na qualidade sensorial, fisiológica, química e bioquímica observadas aos 12 meses de armazenamento, foram confirmadas no perfil dos ácidos graxos pela variação na composição do óleo dos cafés armazenados. Assim, é possível afirmar que neste experimento o tempo de armazenamento exerceu influência negativa na composição dos lipídios, visto que, o índice de peróxidos, aos 12 meses pode estar relacionado com as alterações sensoriais, principalmente no café natural, quando este apresentou sabor e odor desagradável, independente, do método de secagem.

Em ambos os tratamentos o ácido insaturado predominante é o ácido linoléico e o ácido graxo saturado predominante é o ácido palmítico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido neste estudo vai contra os conceitos defendidos pelos produtores, técnicos e pesquisadores até então, visto que potencialmente o café despulpado apresentou melhor qualidade para todos os métodos de secagem aos 12 meses de armazenamento. Desta forma, este trabalho abre preceitos para novos estudos.

Café natural e cafés pergaminho armazenados nas mesmas condições por um ano ou mais devem receber atenção especial dos pesquisadores, principalmente, adequando metodologias para avaliar a qualidade do lote visando custo/benefício para a cafeicultura familiar sustentável.

Visando qualidade e economia de energia, o método de secagem 60/40°C deve ser estudado para adequar a metodologia do processo de secagem.

Neste trabalho foi possível verificar relação entre a qualidade fisiológica, química e bioquímica dos grãos e qualidade de bebida. Não há dúvida de que o fator mais importante na determinação da qualidade é a bebida. Esta avaliação é feita pelos degustadores, em função, principalmente, dos sentidos do gosto, do olfato e do tacto. Uma vez que é subjetiva, resultados sensoriais de análise descritiva quantitativa do aroma e sabor devem ser correlacionados com resultados de aromas extraídos e quantificados por cromatografia a fim de comprovar a relação sobre a sensação percebida. Assim, descartar dúvida em relação a segurança com que os provadores classificam o café quanto à bebida.

8 CONCLUSÕES

- Altas temperaturas de secagem afetam a qualidade sensorial, fisiológica, físico-química, química e bioquímica dos grãos de café processados pelo método natural e despulpado.

- O método de secagem 60/40°C afetou de forma negativa o café natural, mas o mesmo não ocorreu no café despulpado.

- Os grãos de café do método natural são mais sensíveis às altas temperaturas de secagem e, tem sua qualidade reduzida de forma mais rápida comparada ao café despulpado no armazenamento.

- O método de secagem 40°C possibilitou aos grãos do café despulpado a melhor quantificação fisiológica, evidenciado pela qualidade sensorial no final do armazenamento.

- O armazenamento influencia diretamente o índice de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e acidez graxa do café, que também sofrem alterações em função dos métodos de secagem dos grãos. O índice de CE, LK e AG contribui para diferenciar a qualidade dos cafés, podendo ser aplicados na classificação dos lotes de café.

- Melhores resultados de qualidade fisiológica e maior atividade de enzimas, envolvidas na proteção contra radicais livres, são observados em grãos de café despulpado.

- Os cafés do processamento natural apresentaram maior redução na qualidade sensorial e fisiológica, na atividade enzimática, do índice do pH e de sólidos solúveis, maior elevação da acidez titulável e de polifenóis e, maior decréscimo no conteúdo de carboidratos, de fibras em detergente ácido e de celulose no final do armazenamento.

- A qualidade em função dos métodos de secagem e tempo de armazenamento se mostra inferior, nos parâmetros físico-químicos, fisiológicos, químicos, bioquímicos, na atividade de enzimas antioxidantes e no perfil eletroforético da enzima CAT, SOD, PO, PPO, EST e *LEA* proteína, nos cafés natural e despulpado classificados de pior qualidade sensorial.

- O teor de óleo e de TAGs decresce durante o armazenamento, enquanto a acidez aumenta o que sugere que a degradação dos TAGs seja uma das causas no aumento da acidez.

- A composição dos ácidos graxos (AG) tem variação durante o armazenamento, indicando que a liberação dos AG a partir dos TAGs não é uniforme e que a degradação se dá de forma diferente de um ácido para outro.

- Foram identificados doze ácidos graxos diferentes no café, sendo os principais o linoléico e o palmítico. Durante armazenamento há alteração no perfil dos principais ácidos, ocorrendo diminuição no teor de ácido linoléico e aumento no teor de ácido palmítico. Os ácidos insaturados como o linoléico são os que apresentam maior queda no teor.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, K. O. **Guide on food products**. Bombay: Spelt Trade, 1992. v. 2. (Coffee & coffee products).

ABRAHÃO, A. A. de. et al. Classificação física e composição química do café submetido a diferentes tratamentos fungicidas. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 100-109, jul./dez. 2009.

ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência Agrotologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr. 2010.

ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, 2008.

AFONSO JUNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 384 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

AFONSO JUNIOR, P. C. et al. Contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 29, n. 8, p. 6-53, 2004. Edição especial.

AFONSO JÚNIOR, P. C. Propriedades termofísicas dos frutos e sementes de café: determinação e modelagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 9-15, 2002. Especial café.

AFONSO JUNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida” **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, nov./dez. 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDA n. 64, de 16 de setembro de 2008. Aprova Regulamento técnico sobre atribuição de aditivos e seus limites máximos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 180, p. 46, 17 set. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n. 216, de 15 de setembro de 2004**. Regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. 12 p. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>
<<http://www.acriativa.com.br/site/SentImg/Resolucao%20RDC%20216-04%20-%20BPF%20para%20servicos%20de%20alimentacao.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução n. 277, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para café Torrado e Torrado Moído. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/cafe/o-setor/legislacao>> ou <<http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27799.htm>> Acesso em 12 jun. 2009.

AGUIAR, A. T. E. et al. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.

AGUIAR, A.T. E. et al. Variação no teor de lipídios em grãos de variedades de *Coffea Canephora*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1251-1254, dez. 2005.

AGULLO, J. O.; MARENIA, M. O. Airflow resistance of parchment Arabica coffee. **Biosystems Engineering**, Elsevier, Amsterdam, v. 91, n. 2, p. 149-156, 2005.

ALFENAS, A.C. **Eletroforese de izoenzimas e proteínas afins**: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: Editora UFV, 574 p. 1998.

ALFENAS, A. C. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV, 627 p. 2006.

ALMEIDA, D. P. et al. Cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Global Science and Technology**. Rio Verde, v. 2, n.1, p. 72-83, 2009.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEALTH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany: Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants**, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002. Special issue.

ALVAREZ, A. M. R.; RODRIGUEZ, M. L. G. Lipids in pharmaceutical and cosmetic preparations. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 51, n. 1-2, p. 74-96, 2000.

ALVES, W. M. et al. Influência do pré-processamento e do período de armazenamento na perda da matéria seca em café (*coffea arabica*) beneficiado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, n. 7, p. 122-127. 2003. Especial café.

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

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices**. 5th ed. Champaign, 1998. v. 2.

AMORIM, H. V.; MELO, M. Significance of enzymes in non-alcoholic coffee beverage. In: FOX, P. F. (Ed.). **Food enzymology**. London: Elsevier, 1991. v. 2, p. 189-209.

AMORIM, H. V.; SILVA, D. M. Relationship between the polyphenoloxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. **Nature**, London, v. 219, n. 5152, p. 381-382, jul. 1968.

ANDRADE, E. T.; BORÉM, F. M.; HARDOIM, P. R. Cinética de secagem do café cereja, bóia e cereja desmucilado, em quatro diferentes tipos de terreiros. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p.37-43, 2003. Especial Café.

APARÍCIO, R.; RODA, L.; ALBI, M. A.; GUTIERREZ, F. effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 4150-4155, 1999.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review Plant Biotechnology**, Valparaíso, v. 55, p. 373-399, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 478 p.

ARAÚJO, M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. p. 247.

ARCILA-PULGARIN, J.; VALÊNCIA ARISTIZABAL, G. Relation entre la actividad de la polifenoloxidase (PPO) y las pruebas de catacion como medidas de la bebida de café. **Cenicafé**, Caldas, v. 26, n. 2, p. 55-71, 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Café e composição química**. 2005. Disponível em: <http://www.abic.com.br/cafe_composicao.html>. Acesso em: 11 agos. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Composição do café**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 25 mar. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Estatística**: produção agrícola: café beneficiado: safra 2008/2009. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estat_pagricola.html>. Acesso em: 05 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **História do café**. 2005. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Renda agrícola 2008**. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/renda_agricola_brasil.pdf>. Acesso: 05 mar. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Associação Brasileira de Cafés Especiais participa em feiras internacionais**. 2001. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br/strategies.php?lang=pt-BR>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Cafés**. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br/>>. Acesso em: 24 mar. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Cafés especiais**. 2005. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br/downloads.php?lang=pt-BR&criteria=caf%E9s+especiais>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Cup of Excellence**: leilão de cafés especiais será em janeiro 2010. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br/> / <http://www.cupofexcellence.com>>. Acesso em: 06 jan. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Leilão cup of excellence**: asiáticos lideraram compras. Disponível em: <<http://www.cafepoint.com.br/Newsletter>>. Acesso em: 06 jan. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.806**: Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia. São Paulo, 1993. 8 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 15th ed. Washington, DC, 1990. v. 2.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of international**. 17th ed. Arlington, 2003. Apêndice E.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of international**. Gaithersburg, 2005. 18th ed., MD, USA, v. 1.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 93 p. (Contribution, 32).

- ATHIÉ, I. et al. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236 p.
- AUNG, U. T.; MCDONALD, M. B. Changes in esterase activity associated with peanut (*Arachis hipogaea* L.) seed deterioration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, n. 1, p. 101-111, 1995.
- BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 14, p. 93-107, 2004.
- BAILLY, C. et al. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, p. 104-110, 1996.
- BAILLY, C. et al. Changes in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds during accelerated ageing and subsequent priming. In: ELLIS, R. H. et al. (Eds.). **Basic and applied aspects of seed biology**. Boston: Kluwer Academic, 1997. p. 665-671.
- BANKS, M.; MCFADDEN, C.; ATKINSON, C. **The world encyclopedia of coffee**: Lorenz Books, London, 1999.
- BALD MOUNTAIN COFFEE COMPANY. Stages of Coffee Roasting. Disponível em: <http://baldmountaincoffee.com/page/BMCC/CTGY/Stages_of_Roast> Acesso em: 06 nov. 2009.
- BARBOSA, R. M.; SILVA, P. H. A.; REGAZZI, A. J. Composição química de seis categorias da bebida café previamente classificada pelo teste da xícara **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café - Viçosa - MG, n. 4, p. 45-51, 2002.
- BARRIOS, B. B. E. **Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de cafés (*Coffea arabica* L.) da região Alto Rio Grande – Sul de Minas Gerais**. 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de Biossíntese e degradação de lipídios, carboidratos e proteínas em oleaginosas. **Embrapa Algodão**, Campina Grande, 2007. 61 p. (Documentos, 178).
- BEVERIDGE, T. et al. Sea Buckthorn products: manufacture and composition. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 3480-3488, 1999.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum press, 445 p. 1994.

BLACK, M. et al. Water content, raffinose and dehydrins in the induction of desiccation tolerance in immature wheat embryos. **Plant Physiology**, Rockville, v. 120, n. 2, p. 463-471, June 1999.

BLACKMAN, S. A. et al. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, n. 1, p. 225-230, Sept. 1992.

BLACKMAN, S. A. et al. Maturation proteins associated with desiccation on tolerance in soybean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, n. 3, p. 868-874, July 1991.

BLISKA, F. M. de M.; GIOMO, G. S.; PEREIRA, S. P. **Do grão à xícara: como a escolha do consumidor afeta cafeicultores e meio ambiente**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 60 p.

BOR, M.; ÖZDEMİR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Amsterdam, v. 164, p. 77-84, 2003.

BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, nov./dez. 2008d.

BORÉM, F. M. et al. Caractization of the moment of endosperm cell damage during coffee drying. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008. Campinas. **Resumes...** Campinas: ASIC, 2008a. p. 14-19.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café natural e despulpado após a secagem em terreiro e com altas temperaturas. 2008. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, Set./Out. 2008c.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café natural e despulpado após a secagem em terreiro e com altas temperaturas. 2008. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, Set./Out. 2008c.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 55-63, abr./jun. 2006.

BORÉM, F. M. Processamento do café. In: _____. **Pós-colheita do café**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2008. 631p.

BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. 2008. **Biosystems Engineering**, Elsevier, Amsterdam, v. 99, p. 62-66, 2008b.

BORGES, F. B.; JORGE, J.T.; NORONHA, R. Influência da idade da planta e da maturação dos frutos no momento da colheita na qualidade do café. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, p.158-163, 2002.

BRADBURY, A. G. W. **Carbohydrates**. In CLARKE, R. J., VITZTHUM, O. G. (eds). Coffee: recent developments. Blackwell Science Ltd., Oxford, United Kingdom, p. 1-17, 2001.

BRADBURY, A. G. W.; HALLIDAY, D. J. Chemical Structures of green coffee bean polysaccharides, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington v.38, p. 389-392, 1990.

BRADFORD, M. N. A rapide and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRANDÃO JUNIOR, D. da S. **Eletroforese de proteína e isoenzima na avaliação da qualidade de sementes de milho**. 1996. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1996.

BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 114-121, 1999.

BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; VIEIRA, M. G. G. C.; HILHOST, H. W. Aquisição da tolerância à dessecação nos diferentes estádios de desenvolvimento de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 673-681, jul./ago. 2002.

BRANDÃO JUNIOR, D. E. **Marcadores de Tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro**. 2000. 144 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.

BRASIL. Instrução Normativa n. 16, de 24 de maio de 2010. Estabelece o Regulamento Técnico para o Café Torrado em Grão e Café Torrado e Moído. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, Nº 98, 25 de maio de 2010. Seção 1, p. 11-12. Disponível em: <<http://www.ministério.gov.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2007.

BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 11 de Junho de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29. Disponível em: <<http://www.ministério.gov.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2007.

BRAZIL SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés Especiais**. Disponível: <<http://www.bsca.com.br/downloads.php?lang=pt-BR&criteria=caf%E9s+especiais>> Acesso em: 01 nov. 2008.

BRENNA, O. V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 49, n. 10, p. 4841-4844, 2001

BRETT, C. T.; WALDRON, K. W. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1996. 497 p.

BRISSON, L. E.; TENHAKEN, R.; LAMB, C. Function of oxidative crosslinking of cell wall structural proteins in plant disease resistance. **Plant Cell**, Rockville, v. 6, n. 12, 1703-1712, Dec. 1994.

BROOKER, D. B.; BARKER, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI, 1992. 450 p.

BROOKER, D. B.; BARKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying cereal grains**. Connecticut, the AVI Publishing, 269 p. 1979.

BUCKERIDGE, M. S. et al. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004b. 324 p.

BUCKERIDGE, M. S. et al. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004a. p. 31-50.

BUCKERIDGE, M. S. et al. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes: estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 137-162, 2000. Edição especial.

BUFFO, R. A.; CARDELLI-FREIRE, C. Coffee flavour: an overview **Flavour and Fragrance Journal**, John Wiley & Sons, Ltd, London:Library, v. 19, n. 2, p. 99-104, mar./abr. 2004.

BUFFO, R. A.; REINECCIUS, G. A. Determination of linear response in the detection of mixtures of aroma compounds by atmospheric pressure ionization–mass spectrometry (API–MS). **Flavour and Fragrance Journal**, John Wiley & Sons, Ltd, London: online Library, v. 23, n. 1, p. 16-22, jan/fev. 2008.

BYTOF, G. et al. Influence of processing on the generation of α -aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 220, p. 245-250, 2005.

BYTOF, G. et al. Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, Rockville, v. 100, p. 61-66, 2007.

CAFÉ 2. Qualidade ganha mercado internacional **Revista Rural**, n 53 - maio 2002. Disponível em: http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2002/Artigos/rev53_cafe2.htm Acesso em 02 jun. 2010

CAFÉ E SAÚDE. **Composição química**. 2007. Disponível em: <http://www.cafeesaude.com.br/cafeesaude/comp_quimica.htm>. Acesso em: 12 ago. 2008.

CAIXETA, G. Z. T. **Economia cafeeira, mercado de café, tendências e perspectivas**. In: I Encontro sobre Produção de Café com Qualidade. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 1999. 259 p.

CAKMAK, I.; STRBAC, D.; MARSCHENER, H. Activities of hydrogen peroxide-scavenging enzymes in germinating wheat seeds. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 44, n. 258, p. 127-132, Jan. 1993.

CAMPA, C. et al. Trigonelline and sucrose diversity in wild Coffea species. **Food Chemistry**, Oxford, v. 88, n. 1, p. 39-43, Nov. 2004.

CAMPOS, M. A.; BELDA, M. C. R. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 11, n. 1, p.5-33, 1991.

CARDELL O, H. M. A. B.; DAMÁSIO, M. H. Análise Tempo-Intensidade. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 156-165, jul./dez., 1996.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 169-175, maio/jul. 1998.

CARDONA, Y. P. et al. Epicarp haracterization of coffee fruits force microscopy. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 86, p. 167-171, 2008.

CARPITA, N. C. Structure and biogenesis of the cell walls of grasses. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 47, p. 455-176, 1996.

CARPITA, N. C.; MCCANN, M. The cell wall. In: BUCHAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). **Biochemistry, and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Biologists, 2004. p. 52-108.

CARRARO, D. M. **Variação e herança dos padrões eletroforéticos em órgãos e estágios de desenvolvimento em milho (*Zea mays* L.)**. 1990. 121 p. Dissertação (Mestrado Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

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

CARVALHO JÚNIOR, C. de. et al. Influência de diferentes sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1089-1096, set./out. 2003.

CARVALHO JÚNIOR, C. de et al. Atividade da polifenoloxidase de grãos de café (*coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tempos de fermentação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café; MINASPLAN, v.1, p.730-732, 2000.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G. SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3. ed. p. 443-459. 3. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Universidade UFRGS/Ed. da UFSC, 2001. 821 p.

CARVALHO, N. M. de. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165 p.

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

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

CARVALHO, V. D. et al. Relações entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 449-445, Mar. 1994.

CARVALHO, G. et al. Avaliação de qualidade do café de novas variedades visando o mercado de cafés especiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília-S.P. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: IBC, 2000. p. 357-358.

CASAL, S. I. P. **Compostos nitrogenados: desenvolvimento de metodologias analíticas e sua aplicação na discriminação de espécies e no controlo da intensidade da torra do café**. 266 p, 2004. (Dissertação de Doutorado em Ciências Farmacêuticas)-Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. Porto, 2004

CASAL, S. et al. Characterization of free amino acid enantiomers of arabica and robusta coffee species. In Proc. 19th ASIC Colloquium (Trieste), **ASIC**, Paris, 2001.

CASAL, S. et al. Discriminate analysis of roasted coffee varieties for trigonelline, nicotinic acid, and caffeine content, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.48, p. 3420-3424, 2000.

CASAL, S. et al. Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their amino acid anantiomers, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, 51, 6495-6501, 2003.

CASAL, S., OLIVEIRA, M. B., FERREIRA, M. A., Aminas heterocíclicas aromáticas: implicações da sua presença nos alimentos tratados termicamente, **Revista Portuguesa Farmacia**, v.50, p. 65-79, 2000.

CASAL, S.; OLIVEIRA M. B.; FERREIRA M. A. Discrimination of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* var. robusta beans by their fatty acid composition, **Euro Food Chemistry IX**, Interlaken, Switzerland, p.24-26, Sep., 1997.

CASTRO, H. F. et al. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, 2004, v. 27, n. 1, p. 146-156. 2004. Nesse caso na citação você utiliza as iniciais dos prenomes para diferencias (CASTRO, H. F., 2004b)

CASTRO, R. D.; HILHORST, R. H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, 2004. p. 149-162. Nesse caso na citação você utiliza as iniciais dos prenomes para diferencias (CASTRO, R. D., 2004a)

CATANEO, A. C. et al. Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* L.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v. 4, p. 23-31, 2005.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas, UNICAMP, 2003. 207 p.

CHAGAS, Í. S. P. et al. Avaliação do mercado de cafés especiais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009. CD-ROM p.1-13.

CHAGAS, S. J. de R.; MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Potencial da região sul de Minas Gerais paa produção de cafés especiais (I atividade da polifenoloxidase, condutividade elétrica e lixiviação de potássio). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3 p.590-597, maio/jun. 2005.

CHAGAS, S. J. de R. et al. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. II. Valores de acidez titulável e teores de açúcares (redutores, não redutores e totais). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, p. 224-231, 1996.

CHALFOUN, S. M.; PARIZZI, F. C. Fungos toxigênicos e micotoxinas em café. In: BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. p. 513.

CHAUHAN, K. P. S.; GOPINATHAN, M. C.; BABU, C. R. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 13, n. 3, p. 629-41, 1985.

CLARKE, R. J. **Green coffee**. In Encyclopedia of Food Science and Nutrition, CABALLERO, B.; TRUGO, L.; FINGIAS, P. Eds. Academic Press, London, p.1481-1487, 2003a.

CLARKE, R. J. **Roast and Ground**. In Encyclopedia of Food Science and Nutrition, CABALLERO, B.; TRUGO, L. FINGIAS, P. Eds.; Academic Press, London, p. 1487-1493, 2003b.

CLARKE, R. J; MACRAE, R. **Coffee**. Essex: Elsevier Science, 1985. v. 1.

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**. Westport: Croom Helm, 1985. chap. 13, p. 305-374.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee**. London: Elsevier Science, 1985. p. 153-202.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates nature, occurrence and dietary burden. **Journal of Science Food and Agriculture**. London, v. 79, n. 3, p. 363-372, Mar. 1999.

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

COELHO, K. F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos**. Lavras: UFLA, 2000. 96 p.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 375-384, mar./abr. 2002.

COFFEE ANALYSTS. **Coffee Quality & Consistency Analysis**. Disponível em: <<http://www.coffeeanalysts.com/coffee-analysis/>> Acesso em: 06 nov. 2009.

COFFEE ENTERPRISES, INC. **Coffee Analysis: Roasted Coffee**. Disponível em: <<http://www.coffeeanalysts.com/roastedcoffee.php>> Acesso em: 06 nov. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de safra 2010**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso: 29 maio 2010.

CONSTABEL, C. P. et al. Polyphenol oxidase from hybrid poplar: cloning and expression in response to wounding and herbivory. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 124, n. 2, p. 285-295, 2000.

CONSTABEL, C. P.; BERGEY, D. R.; RYAN, C. A. Systemin activates synthesis of wound-inducible tomato leaf polyphenoloxidase via the octadecanoid defense signaling pathway. **PNAS**, USA, p. 407-411, 1992.

COPELAND, L. D.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4th ed. New York: Chapman & Hall, 2001. 467 p.

CORADI, P. C. et al. Effect of drying and storage conditions on the quality of natural and washed coffee. **Coffe Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 38-47, jan./jun. 2007.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

CORRÊA, P. C. et al. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica*, L) durante o armazenamento em condições diversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p. 137-147, 2003. Especial café.

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

CORREIA, A. M. N. G., LEITÃO, M. C. A.; CLIFFORD, M. N. Caffeoyl-tyrosine and Angola II as characteristic markers for Angolan robusta coffees, **Food Chemistry**, Oxford, v.53, p. 309-313, 1995.

CORTEZ, J. G. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.27-31, 1997.

CORTEZ, J. G. A qualidade do café produzido em diversas regiões do Brasil. In: Seminário internacional sobre a biotecnologia na agroindústria cafeeira, 3., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina-PR: IAPAR/IRD, 1999. p. 427-430.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. 2001. 71f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

COSGROVE, D. J. Enzymes and others agents that enhance cell wall extensibility. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Columbia, v. 50, p. 391-417, June 1999.

COSGROVE, D. J. Loosening of plant cell walls by expansins. **Nature**, London, v. 407, n. 6802, p. 321-326, Sept. 2000.

COSGROVE, D. J. Relaxation in a high-stress environment: the molecular bases of extensible cell walls and cell enlargement. **Plant Cell**, Rockville, v. 9, n. 7, p. 1031-1041, July 1997.

COSTA, P. S. C. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de café. (*Coffea arabica*, L).** 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

COSTA, P. S. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 92-96, jan./fev. 2006.

CURI, R. et al. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos.** Barueri: Manole, 2002. 580 p.

DAL MOLIN et al. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuitas, Paraná, **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353-358, 2008.

DAVIS, D. G.; SWANSON, H. R. Activity of stress-related enzymes in the perennial weed leafy spurge (*Euphorbia esula* L.). **Environmental Experimental Botanical**, Oxford, v. 46, p. 95-108, 2001.

DE PAULA, M. et al. Electrical conductivity changes in deteriorated sunflower seeds. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 362, p. 273-279, 1994.

DEDECCA, D. M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. 23, p. 315-366, dez. 1957.

DELLA LUCIA, S. M.; MININ, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MININ, V. P. R. **Análise sensorial. Estudos com consumidores.** Viçosa, MG: UFV, 2006. 225p.

DELLA MODESTA, R.C.; GONÇALVES, E.B.; FERREIRA, J.C.S. Desenvolvimento e validação do perfil sensorial para bebida de café brasileiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café; MINASPLAN, 2000. v.1, p.716-719.

DELIZA, R et al. Efeito do PVA na preferência da bebida de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina, PR. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2005, 4p. (CD-ROM).

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated ageing techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DENTAM, E. The microscopic structure of the coffee bean. In: _____. **Botany, biochemistry and production of bean and beverages**. London: Croon Helm, 1985. p. 15-16.

DEUNER, S. et al. Peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico influenciando a atividade de enzimas antioxidantes de mudas de cafeeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 2, n. 55, p. 135-140, 2008.

DEVILLA, I. A. **Simulação de deterioração e de distribuição de temperatura e umidade em uma massa de grãos armazenados em silos com aeração**. 2002. 84 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

DOSSIÊ ANTIOXIDANTES. Os antioxidantes. 2009. **Food Ingredients Brasil**, n. 6, 2009. Disponível em: <<http://www.Revista.fi.com>> Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/83.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

DRAETA, I. S.; LIMA, D. C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 7, p. 3-28, jun. 1976.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, p. 350-355, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Histórico do café**. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/cafe/unidade/historico.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Preparo do café 2003**. Disponível em: <<http://www.cpafo.embrapa.br/embrapa/infotec/cafe.PDF>>. Acesso em: 14 jan. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Secagem de café**. 2002. Disponível em: <http://www.cpafo.embrapa.br/pdf/cafe_secagem.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2008.

ENZIMAS. Aditivos & Ingredientes: **Enzimas**. 2009. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/80.pdf> Acesso em: 10 Ago., 2009.

ESKIN, N. A. M. Biochemistry of food spoilage: enzymatic browning. In: _____. **Biochemistry of food**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1990. p. 401-427.

ESPIN, J. C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHERS, H. J. Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, p. 648-656, 2000.

- ESTEVEVES, A. B. Acidificação, ao longo do tempo da gordura do grão de café cru. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v. 1, n. 4, p. 297-317, 1960.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005, 652 p.
- FARAH, A. e al. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 53, n. 5, p. 1505-1513, Mar. 2005.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.
- FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal Plant of Physiololy**, Londrina, v.18, n.1, p.23-26, jan./mar. 2006.
- FARIA, R. V. A. M. et al. **Marcadores moleculares da qualidade fisiológica de sementes**. Lavras: UFLA, FAEPE, 2003. 51 p.
- FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arabica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, set./out. 2003.
- FERNANDES, S. M. et al. Efeito da composição química de padrões de bebida de cafés torrados comercialmente provenientes de duas cooperativas do sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: [s.n.], 2000. p. 684-683.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA UFSCar, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- Flament, I. **Coffee flavor chemistry**. England: John Wiley & Sons, Ltd. 2002. 396 p.
- FOLSTAR, P. Lipids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Eds.). **Coffee: chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1985. chap. 6, p. 203-222,
- FONSECA, R. A.; SOARES, F. D. **Subjetividade na análise sensorial de café na zona da mata mineira**. 2007. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Farmácia Generalista)-Universidade de Iguazu, Itaperuna, 2007.
- FORTES, M. et al. Modelagem de um condicionador de ar de alta precisão para uso em processamento agrícola. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 578-589, maio/ago. 2006.

FOUST, A. S. et al. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. 670 p.

FOYER C. H.; NOCTOR. G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: A metabolic interface between stress perception and physiological responses. **The Plant Cell**, Rockville, v. 17, n. 7, p. 1866-1875, 2005.

FRANCA, A. S. et al. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, n. 1-2, p. 89-94, Mar./Apr. 2005.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT**, Amsterdam, v. 38, n. 7, p. 709-715, Aug. 2004.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 17-28.

FRANZEN, J.; HAAS, M. M. Vitamin E content during development of some seedlings. **Phytochemistry**, Oxford, v. 30, n. 9, p. 2911-2913, Sept. 1991.

FRANZEN, J.; HAAS, M. M. Vitamin E content during development of some seedlings. **Phytochemistry**, Oxford, v. 30, n. 9, p. 2911-2913, Sept. 1991.

FRIDOVICH, I. Biological effects of the superoxide radical. **Archives Biochemistry and Biophysics**, San Diego, v. 147, n. 1, p. 1-11, May 1986.

GALLARDO, K. et al. Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming. **Plant Physiology**, Rockville, v. 126, n. 2, p. 835-848, June 2001.

GASPAR, T. et al. Two step control of basic and acidic peroxidase and significance for growth and development. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 64, p. 418-423, 1985.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superóxido dismutases. I: occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 59, p. 309-314, 1977.

GIOMO, G. S.; REZERA, L. F.; GALLO, P. B. **Beneficiamento de sementes de café em máquina de ar**. Disponível em:
<<http://www.coffeekbreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=428>>. Acesso em: 17 out. 2009.

GNAGY, M. J. Chlorogenic acid in coffee and coffee substitutes. **Journal Association Official Analytical Chemistry**, Washington, DC, v. 44, n. 2, p. 272-275, 1961.

GODINHO, R. P. et al. Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 3, p. 3-10, 2001. Especial café.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-382, Dec. 1963.

GOMES-JUNIOR R. A. et al. Antioxidant metabolism of coffee cell suspension cultures in response to cadmium. **Chemosphere**, Oxford, v. 65, p. 1330-1337, 2006a.

GOMES-JUNIOR R. A. et al. Nickel elicits a fast antioxidant response in *Coffea arabica* cells. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 44, p. 420-429, 2006b.

GÓMEZ, M. E. DE LOS D. B. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa**. São Paulo, 2003. 149 f. Tese (Doutorado) em Ciência dos Alimentos/Bromatologia. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.

GÓMEZ, M. E. DE LOS D. B. **Lipídios: as biomoléculas hidrofóbicas..** 2003. Disponível em: <<http://qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/lipidios/lipidios.html>>. Acesso em: 19 out. 2007.

GONELI, A. L. D. et al. Electrical conductivity for quality evaluation of popcorn kernels subjected to mechanical damage. **Biosystems Engineering**, Elsevier, Amsterdam, v. 96, p. 361-367, 2007.

GOODMAN, B. A. The involvement of O₂ – derives free radical in plantpathogen interactions. In: CRAWFORD, R. M. M.; HENDRY, G. A. F.; GOODMAN, B. A. (Eds.) **Oxygen and environmental stress in plants**. Edinburgh: Royal Society of Edinburgh, 1994. p. 155-165. (Biological sciences).

GORECKI, R. J.; HARMAN, G. E. effects of antioxidants on viability and vigour of ageing pea seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 15, n. 1, p. 109-117, 1987.

GOULART, P. de F. P. et al. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 662-666, maio/jun. 2007.

GOULART, P. de F. P. **Purificação da polifenol oxidase e avaliação de métodos bioquímicos para aferir a qualidade da bebida do café**. 2002. 80 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

GRATÃO, P. L. et al. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, Australia, n. 32, p. 481-494, 2005.

GUIMARAES, M. de A.; DIAS, D. C. F. dos S.; LOUREIRO, M. E. Hidratação de sementes **Revista Tropica: ciências agrárias e biológicas**, Maranhão, v. 2, n. 1, p. 38, 2008.

GUIMARÃES, R. M. et al. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 128-139, jan./fev. 2002.

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

HALSTED, C. H.; AM. J. Dietary supplements and functional foods: 2 sides of a coin? **American Journal of Clinical Nutrition**, Rockville, v. 77, Vol. 77, No. 4, 10015-10075, 2003.

HAMID, A. A. et al. Characterisation of antioxidative activities of various extracts of *Centella asiatica* (L) Urban. **Journal of Food Chemistry**, Washington, v. 77, p. 465-469, 2002.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; DENNIS, J. B. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Elsevier, Amsterdam, v. 13, p. 572-584, 2002

HENDRY, G. A. F. Oxygen and free radical processes in seed longevity. **Seed Science Research**, New York, v. 3, p. 141-153, 1993.

HINCHA, D. K. et al. Fructans from oat and rye: composition and effects on membrane stability during drying. **Biochimica Et Biophysica**, Acta-Biomembranes, Elsevier, Amsterdam, v. 1768, p. 1611-1619, 2007.

HINCHA, D. K.; POPOVA, A. V.; CACELA, C. Effects of sugars on the stability and structure of lipid membranes during drying , Advances in **Planar Lipid Bilayers and Liposomes** Elsevier Amsterdam, The Netherlands, v. 3, p. 189-217, 2006.

HOEKSTRA, F. A. Sugars, the glassy state and membrane stabilization. In: WORKSHOP ON IMPROVED METHODS FOR HANDLING AND STORAGE OF INTERMEDIATE/ RECALCITRANT TROPICAL FOREST TREE SEEDS, 1995, Humleba. **Proceedings...** Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. p. 74-82.

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINIA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, California v. 6, p. 431-438, 2001.

HORTON, H. R. et al. **Principles of biochemistry**. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. p. 264-303.

HOWELL, G. SCAA: Universal Cupping Form & How to use it. In: ANNUAL CONFERENCE AND EXHIBITION "PEAK OF PERFECTION", 10. 1998, Denver. **Presentation handouts...** Denver: April, p.17-21, 1998.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1996. 253 p.

ILLY, A.; VIANI, R. **Express coffee: the chemistry of quality**. London: Academic Press, 1995. 253 p.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 253 p.

ILLY, E. A saborosa complexidade do café: a ciência está atrás de um dos prazeres simples da vida. **Revista Scientific American Brasil** São Paulo, n. 2, p. 48-53, jul. 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físicos e químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2005. 1020 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria Inmetro nº 153 de 19 de maio de 2008**. Define as quantidades permitidas para comercialização de café em embalagens. 3 p. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001304.pdf>> Acesso em 12 jun. 2009.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Diretrizes para a prevenção da formação de mofos no café**. London, England, 2006. 29 p.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Sensory study if the effect of degree of roasted and brewing formula on the final cup characteristics**. London, 1991. 16 p. (Technical unit quality series report, n. 7). 1991a

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Flavour profiles of commercial roasted and ground coffee samples from Brasil**. London, 1991. (Sensory Report). 1991b.

INTERSCIENCE 2007. **Tendências do consumo de café em 2007**. 2007. Disponível em: <http://www.abic.com.br/arquivos/pesquisas/pesq_tendencias_consumo_nov07_2.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2008.

INTERSCIENCE 2008. **Tendências do consumo de café no Brasil em 2008**. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/bancofotos/materias/pesq_tendencias_consumo_nov08.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2009.

ISO INTERNACIONAL STANDARD. **ISO 6673:2003: green coffee: determination of loss in mass at 105°C**. 2ª edição. Switzerland, 2003. 4 p.

JENG, T. L.; SUNG, J. M. hydration effect on lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes activity of artificially age peanut seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1994.

JENSEN, W. A. Histochemical techniques. In: _____. **Botanical histochemistry**. San Francisco: Freeman and Company, 1962. p. 206-256.

JHAM, G. N. et al. Lipid classes and tricyglycerols in coffea samples fom Brasil: effects of coffea type and drying procedures. **Food Research International**, Ottawa, v. 34, p. 111-115, June 2000.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: Mc Graw-Hill, 1940. 528 p.

JOHN, M. et al. Cell signaling by oligosaecharides. **Trends Plant Science**, London, New York v. 2, p. 111-115, 1997.

JÚNIOR, P.C.A. Propriedades termofísicas dos frutos e sementes de café: determinação e modelagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, v.23, n.4, p. 9-15, 2002. Especial café.

KAUFMANN, H. P.; HAMSAGAR, R. S. The lipids of the coffee seeds. I: the fatty acid esters of cafestol. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Berlim, v. 64, n. 3, p. 206-213, 1962.

KIM, Y. S.; HAN, S. Nitric oxide protects Cu,Zn-superoxide dismutase from hydrogen peroxide-induced inactivation. **FEBS Letter**, Heidelberg, Germany, v. 479, p. 25-28, 2000.

KNOPP, S. E.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the cont of sugars in green arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 223, p. 195-201, 2006.

KOSHIBA, T. Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea mays*). **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 34, n. 5, p. 713-721, 1993.

KOSTER, K. L.; LEOPOLD, A. C. Sugar and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 88, n. 3, p. 829-832, Nov. 1988.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic, 1995. 495 p.

KRAUS, J.; ARDUIM, E. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: Edur, 1997. 198 p.

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

KURZROCK, T.; KOLLING-SPEER, I.; SPEER, K. Effects of controlled storage on the lipid fraction of green Arabica Coffee Beans. **Food Chemistry**, Barking, v. 66, p. 161-168, 2004.

LACERDA FILHO, A. F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade de café (*Coffea arabica* L.)**. 1986. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. S.; SEDIYAMA, G. C. Comparação entre materiais de pavimentação de terreiro para a secagem de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 9, p. 83-93, 2006. Especial café.

LAGO, R. C. A. Lipídios em grãos de café. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19 n. 2, p. 319- 340, jul./dez. 2001.

LAGO, R. C. A.; ANTONIASSI, R. Composição de esteróis em óleos de café por cromatografia gasosa de alta resolução. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poço de Caldas. **Resumos expandidos...** Poços de Caldas: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000. v. 2, p. 744-747.

LAGO, R. C. A.; FREITAS, S. P. **Extração dos óleos de café verde e da borra de café com etanol comercial**. Rio de Janeiro. Embrapa, 2006. 6 p. (Comunicado técnico, n. 92).

LASSERAH, J. C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 17-46, 1979.

LAVIOLA, B.G.; MAURI, A.L.; MARTINEZ, H.E.P.; ARAÚJO, E.F.; NEVES, Y.P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 39-42, 2006.

LEGISLAÇÃO. **Café**: Conheça a legislação nacional sobre o café. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/setor/cafe/o-setor/legislacao>> Acesso em: 02 jun. 2010.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Savier, 2006. 1052 p.

LEITE, R. A. et al. Qualidade tecnológica do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por “via seca” e “via úmida” avaliada por método químico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 308-311, 1998.

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., BANGLADORE, 2004. **Resumes...** Bangladore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM

LEPRINCE, O. e al. The role of free radical processing systems in loss of desiccation tolerance in germination maize (*Zea mays* L.) **New Phytologist**, London, v. 116, n. 3, p. 573-580, Nov. 1990.

LEPRINCE, O. et al. Respiration pathways in germinating maize radicles correlated with desiccation tolerance and soluble sugars. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 84, n. 4, p. 581-588, Apr. 1992

LEPRINCE, O. et al. The expression of desiccation-induced damage in orthodox seeds is a function of oxygen and temperature. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 2, p. 233-240, 1995.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; ATHERTON, N.M. Free radical processes induced by desiccation in germinating maize: The relationship with respiration and loss of desiccation tolerance. **Proceedings of the Royal Society of Edinburg Section B: biological sciences**, Edinburgh, v. 102B, p. 211-218, 1994.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Reserarch**. Wallingford, v. 3, n. 4, p. 231-246, Dec. 1993.

LERCKER, G. et al. La frazione lipidica del caffè. 2: su alcuni parametri di qualificazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v. 35, n. 11, p. 1186-1193, 1996a.

LERCKER, G. et al. La frazione lipidica del caffè: nota 1: influenza della torrefazione e della decaffeinizzazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v. 35, n. 10, p. 1057-1065, 1996b.

LI, C.; SUN, W. Desiccation sensitivity and activities of free radical-scavenging enzymes in recalcitrant *Theobroma cacao* seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 3, p. 209-217, set. 1999.

LI, L.; STEFFENS, J. C., Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic tomato plants results in enhanced bacterial disease resistance. **Planta**, Rockville, v. 215, p. 239, 2002.

LICCIARDI, R. et al. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, jul./set. 2005.

LIMA, A. R. et al. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante in vitro do café verde e torrado antes e após a descafeinação. **Química Nova**. São Paulo, v. 33, n. 1, p. 20-24, 2010.

LIMA, D. M. **Armazenabilidade de sementes de *Coffea arabica* L. e de *Coffea canephora* Pierre, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem**. 2005. 106 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

LIMA, D. R. (Ed.). **Café e saúde**: manual de farmacologia clinica, terapêutica e toxicologia. Rio de Janeiro: Medsi, 2003. 3 v.

LIMA, D. R. **Café e composição química**. Disponível em:
http://www.abic.com.br/caf%C3%A9_composi%C3%A7%C3%A3oquimica.html. Acesso em: 29 set. 2009.

LIMA, D. R. Isotônicos, água mineral e café mineral. **Jornal da ABIC**, São Paulo, v. 8, n. 96, p. 26, 2000.

- LIMA, D. U.; LOH, W.; BUCKERIDGE, M. S. Xyloglucan-cellulose interaction depends on the side chains and molecular weight of xyloglucan. **Plant Physiology and Biochemistry**, New York, v. 42, n. 5, p. 389-394, 2004.
- LIMA, M. M. R. et al. Ácidos graxos e câncer. In: CURI, R. et al. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. p. 525-536.
- LIMA, M. V. et al. Preparo do café despulpado, cereja descascado e natural na região sudoeste da Bahia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 124-130, mar./abr. 2008.
- LIMA, S. M. P. et al. Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*coffea arabica* L.) sob condições ideais e de estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 505-514, maio/jun. 2004.
- LIN, S. S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica do solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 10, n. 1/2, p. 59-67, 1988.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 2nd ed. Washington, DC: Coffee Development Group, 1986. 57 p.
- LIRA, G. M. et al. Composição centesimal, valor calórico, teor de colesterol e perfil de ácidos graxos da carne de búfalo (*Bubalis bubalis*) da cidade de São Luiz do Quitunde-AL. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 31-38, 2005.
- LIRA, G. M. et al. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió/Al. **Revista Brasileira Ciência e Farmácia**, São Paulo, v. 40, n. 4, p.505-520, out./dez. 2004.
- LOCKHART, E. E. **Chemistry of coffee**. New York: Coffee Brewing Institute, 1957. 20 p. (Publication, 25).
- LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- LOPES, L. M. V. et al. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 1, p. 3-8, 2000a.
- LOPES, R. P. et al. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café beneficiados (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, p. 9-17, 2000b. Especial 1.

LOPES, R. P.; SILVA, J. S., REZENDE, R. C. **Princípios básicos da psicrometria.** In: SILVA, J.S. (Ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. 502 p. Capítulo 3.

LUPETTI, K. O. et al. Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 548-554, 2005.

LUPETTI, K. O. **Utilização da polifenoloxidase e peroxidase de tecidos vegetais em procedimentos analíticos de interesse farmacêutico.** 2000. 120 p. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

LUPETTI, K. O.; RAMOS, L. A.; FATIBELLO-FILHO, O. Determinação enzimática de dopamina em formulações farmacêuticas utilizando sistema de análise por injeção em fluxo com extrato bruto de abacate (*Persea americana*). **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 197-201, 2003.

MACHADO, P.a. **Produção de cafés especiais é uma ótima saída para driblar a crise.** 2008. Disponível em: <http://www.cafepoint.com.br/producao-de-cafes-especiais-e-uma-otima-saida-para-driblar-a-crise_noticia_50597_26_66_.aspx>. Acesso em: 02 mar. 2009.

MACSOL. CIA IGUAÇÚ DE CAFÉ SOLÚVEL. 2000. Disponível em: <<http://www.iguacu.com.br/prod/ptoleo.htm>>. Acesso em: 09 set. 2008.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R.; OLIVEIRA, W. M. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento.** Viçosa, v. 6, p. 37-41, 2003. Especial café.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. de R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, set./out. 2005.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P.T.G.; SILVA, F.A. de M. Avaliação da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) fertilizado com diferentes fontes e doses de potássio. **Revista Brasileira de Armazenamento.** Viçosa, MG, v.5, p. 9-14, 2002. Especial Café

MALTA, M. R.; SANTOS, M. L.; SILVA, F. A. M. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1385-1390, 2002.

MANSFIELD, M. A.; KEY, J. L. Synthesis of the low molecular weight heat shock proteins in plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 84, n. 4, p. 1007-1017, Aug. 1987.

MARCONDES, D. M. S. S. V. et al. Celulase do extrato de Rumem Bovino. **Energia Nuclear e Agricultura**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 145-160, jul./dez. 1983.

MARCOS FILHO, J. et al. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, dez. 1990.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, v. 12)

MARQUES, E. R. et al. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes períodos de temperatura e pré-secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, Set./Out. 2008.

MARTINEZ, I.; LECHA, M. Actualización en fotoprotección. **Revista Internacional Dermatologia Dermocosmetica**, Guadalupe (Murcia), Espanha, v. 5, p. 217-220, 2002.

MARTINS, M. C. M. et al. Carboidratos na bebida do café preparado sob diferentes processos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 382-386, abr./jun. 2005.

MATIELO et al. Colheita, processamento e qualidade do café. In: MATIELO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. (Eds.). **Cultura de café no Brasil: novo Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro – RJ; Varginha – MG, 2002. p.334-375.

MAZZAFERA, P.; GONCALVES, K.; SHIMIZU, M. M. Extração e dosagem da atividade da polifenoloxidase do café. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 695-700, 2002.

MAZZAFERA, P.; GONÇALVES, W.; FERNANDES, J. A. R. Fenóis, peroxidase e polifenoloxidase na resistência do cafeeiro a *Meloidogyne incognita*. **Bragantia**, São Paulo, v. 48, p. 131-142, 1989.

MAZZAFERA, P.; ROBINSON, S. P. Characterization of polyphenoloxidase in coffee. **Phytochemistry**, Oxford, v. 55, p.2 85-296, 2000.

MCDONALD, B. Orthodox Seed Deterioration and Its Repair. *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. Benech-Arnold, R. L.; Sanchez, R. A. (eds.). New York: The Haworth Press, p. 125-165, 2004.

MCDONALD, M. B. Seed Deterioration: Physiology, Repair And Assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

MELO W. L. de B. A importância da informação sobre do grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida. 1ª ed. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**. São Carlos, SP, 4 p. set., 2004. (Comunicado técnico n. 58)

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetro bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, 2005.

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

MENEZES, H. C. **Variação de monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com a maturação do café.** 1990. 120 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1990.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials.** New York: Gordon and Breach Science, 1978. 742 p.

MONTEIRO, M.A.M. et al. Perfil sensorial da bebida café (*Coffea arabica* L.) determinado por análise tempo-intensidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 772-780, out./dez. 2005.

MONTEIRO M. C.; TRUGO L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 637-641, 2005.

MORAN, L. A. et al. **Principles of Biochemistry.** 4th ed. Prentice Hall: New York, 2005. 896 p.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B. Compostos voláteis do café torrado. Parte II Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo: Varela, v. 9, n. 3, 1998. 150 p.

NAKAYAMA, T. et al. Aureusidin synthase: a polyphenol oxidase homolog responsible for flower coloration. **Science**, New York, v. 290, p. 1163-1166, 2000.

NASSER, P. P. et al. Influência da separação de café (*Coffea arabica* L.) de acordo com o tamanho sobre o espectro de coloração dos grãos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2001, p. 924-929. (CD-ROM).

NASSER, P. P.; CHALFOUN, S. M. Eficiência da separação de grãos de café de acordo com o tamanho dos grãos de café na análise da qualidade da bebida pelo método químico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café; MINASPLAN, v.1, p. 737-739. 2000.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 75-84, Apr. 1944.

NEMAT ALLA, M. M.; HASSAN, N. M. Changes of antioxidants levels in two maize lines following atrazine treatments. **Plant Physiology Biochemistry**, New York, v. 44, p. 202-10, 2006.

NETO, E. **Compreendendo os cafés especiais**. 2008. Disponível em: <<http://coffeetraveler.net/reflexoes-e-sugestoes/compreendendo-os-cafes-especiais/>>. Acesso em: 16 ago. 2009.

NEVES, N. M. S. **Nutrição e doença cardiovascular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 114 p.

NEYA, O. et al. Ageing increases the sensitivity of neem (*Azadirachta indica*) seeds to imbibitional stress. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, n. 2, p. 205-217, June 2004.

NICOLI, M. C. et al. Staling of roasted coffee: volatile release and oxidation reactions during storage. In: ASSOCIATION SCIENTIFIC INTERNATIONAL OF COFFE, 15., 1993, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: ASIC, 1993. p. 557-566.

NKANG, A.; OMOKARO, D.; EGBE, A. Effects of desiccation on the lipid peroxidation and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in seeds of *Telfairia occidentalis*. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 28, n. 1, p. 1-9, 2000.

NOBRE, G. W. et al. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.

NOGUEIRA, A. et al. Análise dos indicadores físico-químicos de qualidade da sidra brasileira. Physico-chemical quality of brasilian cider. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 289-298, jul./dez. 2003.

NOGUEIRA, A. et al. Effect of biomass reduction on the fermentation of cider brazilian. **Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, n. 6, p. 1089-1098, nov. 2007.

- NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Sidra. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas**: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 383-422.
- NOGUEIRA, F. T. P. **Integração dos mercados internos e externos de café**. 2005. 120 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- 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**, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.
- NOGUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D.; SAMPAIO, C. P. **Armazenamento de café**: preservação da qualidade que vem do campo. 2007. Disponível em: <<http://www.cafepoint.com.br/?Noticia>>. Acesso em: 21 ago. 2008.
- NORMAS de qualidade recomendável e boas práticas de fabricação de cafés torrados em grãos e/o moídos de 2004. Disponível em: <http://www.abic.com.br/gar_qualidade.html>. Acesso em: 10 jan. 2009.
- NORMAS de qualidade recomendável de sabor do café: dicas de preparação. Disponível em: <http://www.abic.com.br/scafe_dicas.html>. Acesso em: 20 jun. 2009.
- NUNES, F. M.; COIMBRA M. A. Chemical characterization of the high-molecular-weight material extracted with hot water from green and roasted robusta coffees as affected by the degree of roast. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.50, p. 7046-7052. 2002.
- NUNES, F. M.; COIMBRA M. A. Chemical characterization of the high molecular weight material extracted with hot water from green and roasted Arabica coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 49, p. 1773-1782. 2001.
- NUNES, M. F. et al. Foamability, Foam Stability, and Chemical Composition of Espresso Coffee as Affected by the Degree of Roast. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, p. 3238-3243, 1997.
- OBANDO-FLOR, E. P. et al. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.
- OBANDO-FLOR, E. P.; CARVALHO, M. L.; COSTA, P. S. C. Utilização dos raios-X na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de melão (*Cucumis melo*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 12., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRATES, 2001. p. 57

O'BRIEN, R.D. **Fats and oils formulating and processing for applications**. Boca Raton: CRC, 2004. 616 p.

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

OHIOKPEHAI, O. **Chlorogenic acids content of green coffee beans**. 1982. 69 p. Thesis (PhD) - University of Surrey, UK, Guildford, 1982.

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

OLIVEIRA, G. F.; CAMPOS, R. L. C.; TEMPORAL, W. F. Efeitos da radiação ultravioleta nas atividades aéreas e terrestres. **RMAB**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 1, p. 19-26, 2005.

OLIVEIRA, J. C. et al. Atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. **Científica**, Jaboticabal, v. 4, n. 2, p. 114-119, 1976.

OLIVEIRA, J. C. et al. Effects of the application of insecticides to control coffee and tea borers on the polyphenol oxidase activity and the beverage quality of coffee. **Científica**, Jaboticabal, v. 7, n. 2, p. 221-224, 1979.

OLIVEIRA, J. T. G. S. B. **Melhor dose e dose econômica de TBHQ nos óleos de milho e canola**. 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos.)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, M. A. L. et al. Análise de ácidos graxos por eletroforese capilar utilizando OLIVEIRA, M. A. L. et al. Análise de ácidos graxos por eletroforese capilar utilizando detecção condutométrica sem contato. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 821-824, mar. 2003.

OLIVEIRA, M. D. M. et al. Investimentos e rentabilidade na produção de café especial: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, p. 9, 2005.

OLIVEIRA, R. C. S. **Detecção de adulteração de café torrado e moído com cevada pelo perfil cromatográfico de voláteis**. 2007. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

OLIVEIRA, R. M.; CARVALHO, E. P.; SILVEIRA, I. A. Influência da diversidade microbiana na qualidade da bebida do café: uma revisão. **Interação**, Varginha, v. 3, n. 3, p.15-21, maio 2001

OLIVEIRA, R. R. de; AGOSTINI, J. da S. Qualidade físico-química de diferentes marcas de cafés em pó, produzidos e comercializados em dourados/MS. **Interbio**, Grande Dourados, v. 3, n. 2, p. 35-441, 2009.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Perspectivas do mercado cafeeiro: produção mundial será menor em 2009/2010**. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=27677>>. Acesso em: 21 de Nov. 2009

ORGANIZATION INTERNATIONAL DEL COFFEE. **Quantitative descriptive flavours profiling of coffees form**. Londres, 1991. 215 p. (Reporte de evaluación sensorial).

ORTEGA, A. C. **Café do cerrado: certificação de origem e desenvolvimento territorial rural**. Disponível em: <http://www.sper.pt/actas7cier/PFD/Tema%20IV/4_2.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2009.

OTANI, M. N. et al. A importância do café na agricultura do município de Piraju, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 9, p.19-30, set. 2001.

OTTE, O.; BARZ, W. The elicitor-induced oxidative burst in cultured chickpea cells the rapid insolubilization of two cell wall structural proteins. **Planta**, Berlin, v. 200, n. 2, p. 238-246, Oct. 1996.

PABIS, S.; JAYAS, D. S.; CENKOWSKI, S. **Grain drying: theory and practice**. New York: Ed. John. Wiley & Sons., 1998. 303 p.

PÁDUA, F. R. M. et al. Avaliação sensorial e da composição química, durante o armazenamento, do café torrado e moído. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 5, p. 15-21, 2002a. Especial café.

PÁDUA, F. R. M. et al. Polifenóis, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, fibras bruta e resíduo mineral fixo de diferentes espécies de café arábica e conilon: industrialização e qualidade do café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Anais...** Porto Velho: EMBRAPA, 2002b. v. 4, p. 1206-1209.

PAIVA, E. F. F. **Análise sensorial dos cafés especiais do Estado de Minas Gerais**. 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PAMMENTER, N. W. et al. Effects a differential drying rates on viability retention of recalcitrant seeds of ekeberger capensis. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, n. 4, p. 463-471, Dec. 1998.

- PEIXOTO, H. P. P. et al. Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.
- PEREIRA, R. G. F. A.; VILLELA, T. C.; ANDRADE, E. T. Composição química de grãos de cafés (*coffea arábica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, VITÓRIA. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa, 2002. p. 826-831.
- PEREIRA, R. G. F. A.; VILLELA, T. C.; LOPES, L. M. V. Avaliação da composição química de cafés arábica e conillon, produzidos em Rondônia-RO e submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 11., 2000, Poços de Caldas. **Simpósio...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2000. p. 638 -640.
- PEREIRA, S. P.; BLISKA, F. M. de M.; GIOMO, G. S. Sustentabilidade: pauta da cafeicultura no século XXI. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 75-76, 2007.
- PIMENTA, C. J. Composição química e qualidade do café. In: PIMENTA, C. J. **Qualidade do café**. Lavras: Editora UFLA, 2003. cap. 4, p. 147.
- PIMENTA, C. J. et al. Avaliação físico-química e de qualidade do café (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes tempos de espera para secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 10, p. 36-41, 2008. Especial café.
- PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádio de maturação**. Lavras: UFLA, 1995. 94 p.
- PIMENTA, C. J. **Qualidade do café**. Lavras: UFLA, 2004. 304 p.
- PIMENTA, C. J.; CHALFOUN, S. M. Composição microbiana associada ao café em coco e beneficiado colhido em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 677-682, 2001.
- PIMENTA, C. J.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. de R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamentos**. Viçosa, MG, n. 1, p. 23-30, 2000. Especial café.
- PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Composição microbiana e ocratoxina A no café (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes tempos de espera antes da secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1315-1320, 2003.
- PIMENTA, C. J.; VILELA, V. R. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.), **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 25, n. 1, p. 131-136, 2003.

PIMENTA, C. J.; VILELA, V. R.; CARVALHO JUNIOR C. de Componentes de parede celular de grãos de frutos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tempos à espera da secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 26, n. 2, p. 203-209, 2004.

PIMENTA, C. J.; VILELLA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.), lavado e submetido a diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 2, p. 3-10, 2001. Especial.

PIMENTA, C. J.; VILELLA, E. R. Qualidade do café (*coffea arabica* L.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras/MG **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1481-1491, dez. 2002. Especial.

PINTO, N. A. V. D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arabica cru e torrado**. 2002. 92 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PINTO, N. A. V. D. et al. Avaliação dos polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 193-195, set./dez. 2001.

PINTO, N. A. V. D. et al. Caracterização da fração fibra no café e sua relação com padrões de bebida provenientes de duas cooperativas de sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAA; Procafé, 1999. p. 130-131.

PINTO, N. A. V. D. et al. Caracterização química e sensorial de bebidas e blends de cafés torrados tipo expresso. Industrialização e qualidade do café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Anais...** Porto Velho: EMBRAPA, 2002. v. 4, p. 1136-1139.

PINTO, N. A. V. D. et al. Efeito da polifenoloxidase, lixiviação de potássio e condutividade elétrica nos grãos crus em diferentes padrões de bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2000, Marília. **Anais...** Marília: MAA; Procafé, 2000. v. 26, p. 330-331.

PIRES FILHO, G. B. A. Avanços da cadeia do café. **Revista do café**, Rio de Janeiro, v 85, n. 818, p. 5, jul. 2006.

PIRES FILHO, G. B. A. Uma nova mentalidade no café. **Revista do café**, Rio de Janeiro, v 83, n. 811, p. 9, set. 2004.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1992.

PUNTARULO, S. et al. Superoxide anion and hydrogen peroxide metabolism in soybean embryonic axes during germination. **Biochimica Et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1074, n. 2, p. 277-283, July 1991.

QUAST, L. B.; AQUINO A. D. de Oxidação dos lipídios em café arabica (*coffea arabica* L.) e café robusta (*Coffea canephora* P.). **B. CEPPA**. Curitiba, v 22, n 2, p. 325-336, jul./dez. 2004

RADMANN, E. M.; COSTA, J. A. V. Conteúdo lipídico e composição de ácidos graxos de microalgas expostas aos gases CO₂, SO₂ e NO. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1609-1612, 2008.

RAISON, J. K.; PIKE, C. S.; BERRY, J. A. Growth temperature-induced alterations in the thermotropic properties of Nerium oleander membrane lipids. **Plant Physiology**, Rockville, v. 70, n. 1, p. 215-218, Jan. 1982.

RAMIREZ, J. Compuestos fenólicos en la pulpa de café: cromatografía de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de Coffea arabica L. **Turrialba**, San José, v. 37, n. 4, p. 317-323, out./dez. 1987.

RAMIRO, D. A. **Alterações histoquímicas em genótipos resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro-do-cafeiro**. 2003. 73 f. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical)-Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.

REDGWELL, R. J. et al. Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans. **Carbohydrate Research**, Oxford, v. 337, n. 5, p. 421-431, Mar. 2002.

REID, J. S. G. Cell wall storage carbohydrate in seeds: biochemistry of the seed “gums and hemicelluloses”. **Advances in Botanical Research**, Orlando, v. 11, n. 1, p. 125-155, 1985.

REINATO, C. H. R. et al. Eficiência de secadores rotativos com diferentes pontos para o controle da temperatura do café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 6, p. 3-9, 2003. Especial café.

REINATO, C. H. R. et al. Qualidade da bebida dos cafés descascado, cereja, bóia e roça secados em terreiros de terra e lama asfáltica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Embrapa, 2005. p. 314-315.

REINATO, C. H. R. **Secagem e armazenamento do café**: aspectos qualitativos e sanitários 2006. 111 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

REINATO, C. H. R.; BOREM, F. M. Variação da temperatura e do teor de água do café em secador rotativo usando lenha e GLP como combustíveis. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 561-569, 2006.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 13-85.

RESENDE, M. de L. **Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a germinação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) CV. Rubi**. 2006. 108 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

RESENDE, O.; SIQUEIRA, V. C.; ARCANJO, V. R. Influência do pavimento de terreiros na secagem e na qualidade do café conilon **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 5, p. 26 -37, maio/ago. 2009.

REVISTA ELETRÔNICA DO CAFÉ. **Qualidade do café**: Informe da cultura do café. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

RIBEIRO, D. M. et al. da Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 28, n. 7, p. 94-107, 2003. Especial.

RIBEIRO, J. S. et al. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. **Analytica Chimica Acta**, Elsevier Science, Amsterdam, v.634, p. 172-179, 2009

RICE-EVANS, C. A.; DIPLOCK, A. T.; SYMONS, M. C. R. **Techniques in free radical research**. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. v. 22, 291 p.

RIGUEIRA R. J. de A. et al. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v. 17, n. 4, p. 323-333, jul./ago. 2009.

RIGUEIRA, R. J. de A. **Avaliação da qualidade do café processado por via úmida, durante as operações de secagem e armazenagem**. 2005. 76 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

RIOS, J. N. G. **Certificação de origem e qualidade de café**: produção integrada de café. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 5., 2003, Viçosa. **Trabalhos apresentados...** Viçosa: UFV; DFP, 2003. p. 509 -548.

ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314 p.

ROCKENBACH, I. I. et al. Composição de ácidos graxos de óleo de semente de uva (*Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca* L.), 2010, **Brazilian Journal Food Technology**, III SSA, Campinas, nov. 2010. p. 23-26.

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

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, www.elsevier.com/locate/foodchem, Barking, v. 92, p.235-254, 2005. Disponível em:
<http://nfscfaculty.tamu.edu/talcott/Food%20Chem%20605/Class%20Papers%202010/Review-Chain%20Breaking%20AOX.pdf> Acesso em 4 abr. 2007.

ROSA, S. D. V. F. da. Et al. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas *lea* associadas à tolerância de sementes de milho à alta temperatura de secagem **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF,, v. 27, n. 2, p. 91-101, 2005.

ROSE, J. K. C.; BENNETT, A. B. Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: Parellels between cell expansion and fruit ripening. **Trends Plant Science**, London, v. 4, n. 5, p. 176-183, May 1999.

ROSE, J. K. C.; LEE, H. H.; BENNETT, A. B. Expression of a divergent expansion gene is fruit-specific and ripening-regulated. **Proceedings of the National Academic Science of the United States of America**, Washington, DC, v. 94, n. 11, p. 5955-5960, May 1997.

ROTENBERG, B.; IACHAN, A. Método químico automático para diferenciação de “café – bebida”. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, DF, v. 2, n. 2, p. 67-70, jun. 1972.

SAATH, R.. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*coffea arabica* l.) durante o processo de secagem. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2007.

SAATH, R. et al. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* l.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 196-203, jan./fev. 2010.

SAES, M. S. M.; FARINA, E. M. M. Q. **O Diagnóstico sobre o sistema agroindustrial de cafés especiais e qualidade superior do estado de Minas Gerais**. São Paulo: SEBRAE; MG/PENSA, 2001. 174 p. Relatório final PENSA/FIA/FEA/USP. Mimeografado. 2001.

SAES, M. S. M.; NASSAR, A. M.; NUNES, R. **Certificação de origem e as relações entre os produtores e as torrefadoras de café no Brasil**. 2000. Disponível em:
<<http://www.fearp.usp.br/egna/arquivo/21.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2009.

- SALAZAR, G. M. R. et al. Studio morfológico, anatômico y ultraestructural del fruto de café *Coffea arabica* L. **Cenicafé**, Caldas, v. 45, n. 3, p. 93-105, 1994.
- SALEM JUNIOR, N. et al. Fatty acids and lipids from cell biology to human disease. **Lipids**, Champaign, v. 31, p. S1-S326, 1996. Supplement.
- SALEM JÚNIOR, N. Introduction to polyunsaturated fatty acids. **Background**, New York, v. 3, n. 1, p. 1-8, 1999.
- SALES, J. F. et al. Germinação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes concentrações e tempos de embebição em celulose. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 557-567, maio/jun. 2003.
- SALVA, T. J. G.; LIMA, V. B. de. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 57-59, 2007.
- SANTANA, M. T. A. et al. Caracterização físico-química e enzimática de uva patricia cultivada na região de primavera do leste- MT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 186-190, jan./fev. 2008.
- SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição físico-química e química do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 213-218, jan./fev. 2009.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.
- SANTOS, M. H. dos. et al. Influência do processamento e da torrefação sobre a atividade antioxidante do café. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 604-610, 2007.
- SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilha) - Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2007.
- SÃO PAULO. Secretaria da Saúde. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 2006, 2017 p.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA. **Resolução SAA – 028, de 01/06/2007** – Norma Técnica para fixação de identidade e qualidade de café torrado em grão e café torrado e moído. **Diário Oficial do Estado**. Seção I, São Paulo, v.117, n. 105, 05/06/2007.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura e Abastecimento – SAA. Resolução SAA-7, de 11/03/2004. Altera o item 10.2 da Resolução SAA 37, de 09/11/2001, que define Norma

Técnica para fixação de identidade e qualidade de café torrado em grão e torrado e moído. **Diário Oficial do Estado**. Seção I, São Paulo, v. 114, n. 48, 11 de mar. 2004.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura e Abastecimento – SAA. Resolução SAA nº 37 de 9 nov. 2001. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, v. 111, n. 214, 13 nov. 2001.

SASAKI, M. **Lipídios, carboidratos e proteínas de sementes de leguminosas do cerrado**. 2008. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SATTERS, J. R.; ABDEL-GHANY, A.; ELBAGOURY, O. Soybean seed deterioration and response to priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 33-41, 1994.

SAXENA, R. K. et al., Microbial Lipases: Potential Biocatalysts for the Future Industry, **Current Science**, India, v. 77, p. 101-115, 1999.

SCANDALIOS, J. G. Molecular responses to oxidative stress. In: HAWKESFORD, M. J. (Ed). **Molecular analysis of plant adaptations to the environment**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. p.181-208.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and super oxide dismutase. **Plant Physiology**, Rockville, v. 101, n. 1, p. 7-12, Jan. 1993.

SCHAEFER E J. Lipoproteins, nutrition and, heart disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, Boston, v. 75, n. 2, p. 191-212, 2002.

SCHAEFER, E. J. et al. Lack of efficacy of a food-frequency questionnaire in assessing dietary macronutrient intakes in subjects consuming diets of know composition. **American Journal of Clinical Nutrition**, Boston, v. 71, p. 746-751, 2000.

SCHÄFER, L.; FEIERABEND, J. Photoinactivation and protection of glycolate oxidase *in vitro* and in leaves. **Journal Zeitschrift für Naturforschung**. Section C, Biosciences, Alemanha, v. 55, n. 5/6 p. 361-372, 2000.

SCHOETTLE, A. W.; LEOPOLD, A. C. Solute leakage from artificially aged soybean seeds after imbibition. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 5, p. 835-838, Sept./Oct. 1984.

SCHOPFER, P. Hydroxyl radical cell-wall loosening *in vitro* and *in vivo*: Implications for the control of elongation growth. **Plant Journal**, Oxford, v. 28, n. 5, p. 679-688, Dec. 2001.

SEEWALDT, V. et al. Membrane organization in soybean seeds during hydration. **Planta**, Berlin, v. 152, n. 1, p. 19-23, 1981.

- SELMAR, D. et al. Biochemical insights into coffee processing: quality and nature of green coffee are interconnected with an active seed metabolism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.
- SENARATNA, T.; MCKERSIE, B. D. Characterisation of solute efflux from dehydration injured soybean (*Glycine Max* L. Merr) seeds. **Plant Physioly**, Rockville, v. 72, n. 4, p. 914-991, Aug. 1983.
- SENARATNA, T.; MCKERSIE, B. D. Loss of desiccation tolerance during seed germination: a free radical mechanism of injury. In: LEOPOLD. A. C. (Ed.). **Membranes, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Corneell University Press, 1986. p. 85-101.
- SILVA, E. A. A. da. **Coffee (*Coffea arabica* L., cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation**. 2002. 105 p. Thesis (Ph.D. in Seeds) - Wageningen University, Wageningen, Holanda.
- SILVA, E. A. A. da et al. Supra-optimal GA concentration inhibits coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination and leads to cell death in the embryo. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, p. 1029-1038, 2005.
- SILVA, E. de B. et al. Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP v.59, n.1, p.173-179, jan./mar. 2002.
- SILVA, D. C. F.; NASCIMENTO, M. A.; MOREIRA, A. V. B. Verificação da presença de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes em amostras de café. **Nutrire**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 41-58, 2007.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 166 p.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 1990. 165 p.
- SILVA, E. **Estruturas para armazenamento**. 2009. Disponível em: <http://www.agais.com/tpc/capitulo_6_elaine.pdf>. Acesso em: 15 set. 2009.
- SILVA, J. de. S. **Secagem e armazenagem do café**. Viçosa, MG: UFV; Jard, 2000. 162 p
- SILVA, J. S.; BERBERT, P.A. **Colheita, secagem e armazenamento do café**. Viçosa. Aprenda Fácil, 1999. 146 p.
- SILVA, M. C. da et al. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1782-1787, 2009. Especial.

SILVA, R. F. da et al. da Altitude e a qualidade do café cereja descascado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 9, p. 40-47, 2006. Especial café.

SILVA, R. F. da; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 325-330, jul./set. 2007.

SILVA, R. F. et al. Qualidade do café-cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1367-1375, nov./dez. 2004.

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

SILVA, R. P. G. et al. Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 3, p. 3-10, 2001. Especial.

SILVA, T. R. G.; CORTELAZZO, A. L.; DIETRICH, M. C. S. Variations in storage compounds during germination and early plantlet growth of *Dalbergia miscolobium*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 10, n. 2, p. 119-124, jul./dez. 1998.

SIMÃO, A. N. C. et al. Efeitos e mecanismos de ação dos ácidos graxos poliinsaturados N-3 na prevenção de doenças cardiovasculares. **Arquivos em Ciências da Saúde Unipar**, Umuarama, v. 11, n. 3, p. 225-233, set./dez. 2007.

SIMOPOULOS, A. P. Symposium: role of poultry products in enriching the human diet with N-3 PUFA: human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, Savoy, v. 79, p. 961-970, 2000.

SIQUEIRA, H. H. de.; ABREU, C. M. P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 113-116, jan./fev. 2006.

SIVETZ, M. **Coffee processing technology**. Westport: AVI, 1963. v. 2, 349 p.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**, Westpor, p. 527-575, 1979.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SODHA, M. S. et al. **Solar crop drying**. Boca Raton: CRC, 1987. v. 1, 141 p.

SOUZA, C. M. M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, jul. 2007.

SOUZA, M. C. M. S.; SAES, M. S. M.; OTANI, M. N. Pequenos agricultores familiares e sua inserção no mercado de cafés especiais: uma abordagem preliminar. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 11, p. 16-26, nov. 2002.

SOUZA, S. M. C. de. **Produção de café com qualidade**. Lavras: EPAMIG; CRSM, 2000. 4 p. (Circular técnica, n. 119).

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Protocolo para análise sensorial de café metodologia SCAA. **SCAA CUPPING PROTOCOLS**. TSC-SCAA. Doc: V Portuguese. Revistadeecember 2008.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Metodologia SCAA de avaliação de cafés especiais. GUIA RÁPIDO – GREEN COFFEE. 7 p. 2009. http://www.scaa.org/SCAA/CuppingProtocols/QuickGuidebyEnseiNeto_Portuguese/RevMar09. Disponível em: <http://coffeetraveler.net/wp-content/files/903-SCAACuppingMethod_RESUMO_3a.pdf> Acesso em: 12 jun. 2009

STEINER, U. et al. Tyrosinase involved in betalain biosynthesis of higher plants. **Planta**, Rockville, v. 208, p. 114-124, 1999.

SUN, W.; MOTANGU, M. V.; VERBRUGGEN, N. Small heat shock proteins and estresse tolerance in plants. **Biochimica Biophysica Acta**, Paris, v. 1577, n. 1, p. 1-9, Aug. 2002.

SWEET MARIA'S COFFEE, INC. A Rough Pictorial Guide to the Roast Process. Disponível em: <<http://www.sweetmarias.com/roasted.pict-guide.html>> Acesso em: 06 nov. 2003.

SZPIZ, R. R.; JABLONKA, F.H.; PEREIRA, D.A. Composição em ácidos graxos: triacilgliceróis, monoésteres de diterpenos e óleo de grãos de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1989, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1989. p. 151.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAKAKI, M.; DIETRICH, S. M. C. Effect of GA₃ and light on polysaccharide levels and metabolism in germinating Coffee seeds. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 31, n. 125, p. 1643-1649, 1980.

TANGO, J. S. **Utilização industrial do café e dos seus subprodutos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1971. p.48-73 (Boletim, n. 28).

TAO, J. K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.

- TAVEIRA, J. H. da S. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos associados à qualidade da bebida de café submetido a diferentes métodos de processamento e secagem.** 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos/Colheita, Pós-colheita e Qualidade de Café)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.
- THEODORO, V.C.A. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional.** 2001. 214f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2001.
- TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile compounds as potential defective coffee beans markers. **Food Chemistry**, Oxford, v.108, p. 1133-1141, 2008.
- TOCI, A.; FARAH, A.; TRUGO, L. C. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta antes e após a torração. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, set./out. 2006.
- TOSELLO, A. Colheita, preparo por via seca e armazenamento de café. In: CURSO de cafeicultura. São Paulo: Instituto Agrônômico, 1956. p. 247-257.
- TRESSL, R.; ROLZER, M.; KAMPERSCHROER, H. Bildung von aromastoffen in Roskaffe in Abhängigkeit vom Gehalt an freien Aminosäuren and reduzierten Zuckern. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM CHEMISTRY COFFEE, 10., 1983, Salvador. **Proceedings...** Salvador: ASIC, 1983, p. 279-292.
- TRUGO, L. C.; MACRAE, R. Application of high performance liquid chromatography to the analysis of some non volatile coffee components. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 39, n. 1, p. 96-107, mar. 1989.
- TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, Oxford, v. 15, p. 219-227, 1984.
- TRUGO, L.C, Analysis of coffee products. In: CABALLERO, B., TRUGO, L., FINGIAS, P., (Eds). **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**, Academic Press: London, v. 7, p. 1498-1506, 2003.
- TRUGO, L. Coffee. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L.; FINGLAS, P. (Eds.). **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. Academic Press: London, v. 7, p. 498, 2003.
- TURATTI, J. M.; LUCCAS, V. **Obtenção e utilização de óleo de café.** Campinas: ITAL, 2001. F-PT 01625.
- TURATTI, J. M. Extração e caracterização de óleo de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2001. p. 1533-1539.

TURATTI, J. M.; GOMES, R. A. R.; ATHIÉ, I. **Lipídios**: aspectos funcionais e novas tendências. Campinas: ITAL, 2002. 78 p.

UAUY, R.; VALENZUELA, A. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. **Nutrition**, New York, v. 16, n. 7/8, p. 680-684, 2000.

USHIMARU, T. et al. Antioxidative enzymes in seedling of *Nelumbo nucifera* germinated under water. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen., v. 112, n. 1, p. 39-46, maio 2001.

VALÊNCIA, A. G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida de café. **Cenicafé**, Caldas, v. 23, n. 1, p. 3-18, ene./mar. 1972.

VAN DE KAMER, S. B.; VAN GINKEL, L. Rapid determination of ruder fiber in cereals. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, July 1952.

VAN HUYSTEE, R. B. Some molecular aspects of plant peroxidase biosynthetic studies. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 38, p. 207-219, 1987.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAUGHN, K. C.; DUKE, S. O. Function of polyphenol oxidase in higher plants. **Physiology Plant**, Rockville, v. 60, p. 106-112, 1984.

VAUGHN, K. C.; LAX, A. R.; DUKE, S. O. Polyphenol oxidase: the chloroplast oxidase with no established function. **Physiology Plant**, Rockville, v. 72, p. 659-665, 1988.

VEGRO, C. L. R.; MARTIN, N. B.; MORICCHI, L. Sistemas de produção e competitividade da cafeicultura paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 6, p. 7-44, jun. 2000.

VEIGA, A. D. et al. Armazenabilidade de sementes de cafeeiro em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, p. 83-91, 2007.

VEIGA, A. D.; et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, jul./ago., 2010.

VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquit ion and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 237-271.

VIDAL, H. M. **Composição lipídica e a qualidade do café (*Coffea arábica* L.) durante armazenamento.** 2001. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

VIDIGAL, D. de S. et al. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* l.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009,

VIDIGAL, D. S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 87-93, 2006.

VIDIGAL, D. S. et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2008.

VIEIRA M. A. **Caracterização dos ácidos graxos das sementes e compostos voláteis dos frutos de espécies do gênero *Passiflora*.** 2006. 71 p. Dissertação (Mestrado Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

VIEIRA, M. G. C. G. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.).** 1996. 127 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1996.

VIERLING, E. The role of heat shock proteins in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 579-620, 1991.

VILAS BOAS, B. M. et al. de Seleção de extratores e tempo de extração para determinação de açúcares em café torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1169-1173, set./out. 2001.

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

VILELLA, T. C. et al. Composição química de grãos de café natural, despulpado, desmucilado e descascado II: Torração média. In: Simpósio de Pesquisa Cafeeira do Sul de Minas, III, 2002, Lavras, MG. **Anais ...** Lavras, 2002. p.43-48.

VOET, D.; VOET, J. G. **Biochemistry.** 3rd ed. New York: Wiley, 2004. 1591p.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level.** 2nd ed. New York: John Wiley, 2005. 1264 p.

VOILLEY, A. et al. Influence of some processing conditions on the quality of coffee brew. **Journal Food Processes Preservatio**, Nottingham, n. 5, p 135-143. 1981.

WAGEMAKER, T. A. L. **Variabilidade do teor de óleo, de seu fator de proteção solar e de outros componentes da fração lipídica do gênero *Coffea* visando usos alternativos aos grãos**. 2009 95 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical/Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia)- Instituto Agronômico, Campinas, SP, 2009.

WAJDA, P.; WALCZYK, D. Relationship between acid value of extracted fatty matter and age of green coffee bean. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v. 29, n. 7, p. 377-380, 1978.

WALTERS, C.; RIED, J. L.; SIMMONS, M. K. W. Heat-soluble proteins extracts from wheat embryos have tightly bound sugars and unusual hydration properties. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 7, n. 2, p. 125-134, June 1997.

WHEATLEY, R. A. Some trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. **Trends in Analytical Chemistry**, Washington, v. 19, n. 10, p. 617-628, 2000.

WHITAKER, H. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker, 1972. chap. 22, p. 571-582.

WHITAKER, J. R. Polyphenol oxidase. In: WONG, D. W. S. (Ed.). **Food enzymes: structure and mechanism**. New York: Chapman & Hall, 1995. p. 271-307.

WILSON JÚNIOR, D. O.; MCDONALD, M. B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 14, n. 2, p. 269-300, 1986.

WINSTON, G. W. Physiochemical basics for free radical formation in cells: production and defenses. In: ALSCHER, R. G.; UMMIMG, J. R. (Eds.). **Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms**. New York: Wiley-Liss, 1990. p. 57-86.

WISEMAN, A. Comparison of use of immobilized cells and immobilized enzymes for bioanalysis: Considerations in determination of ethanol. **Trends in Analytical Chemistry**. Edição 8, Washington, v. 11, Sept. 1992, p. 303-306.

WISEMAN, A. **Manual de biotecnologia los enzimas**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1991, 444 p.

WOLFRON, M. L.; PATIN, D. L. Isolation and characterization of cellulose in the coffee bean. **Journal or Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 12, n. 1, p. 376-379, Jan./Feb. 1964.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Zurich,, v. 12, p. 1-15, 1988.

YEN, W. et al. Antioxidant properties of roasted coffee residues, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 2658-2663, 2005.

ZHENG, W.; WANG, S.Y.; Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 49, n. 11, p. 5165-5170, 2001.

10 ANEXOS

Anexo 1 – Qualidade do café beneficiado grão cru: Classificação por tipo segundo a Normativa N° 8

TABELA OFICIAL PARA CLASSIFICAÇÃO		
DEFEITOS	TIPOS	PONTOS
4	2 -	+ 100
4	2 - 05	+ 95
5	2 - 10	+ 90
6	2 - 15	+ 85
7	2 - 20	+ 80
8	2 - 25	+ 75
9	2 - 30	+ 70
10	2 - 35	+ 65
11	2 - 40	+ 60
11	2 - 45	+ 55
12	3	+ 50
13	3 - 5	+ 45
15	3 - 10	+ 40
17	3 - 15	+ 35
18	3 - 20	+ 30
19	3 - 25	+ 25
20	3 - 30	+ 20

Continuação

Anexo 1 – Qualidade do café beneficiado grão cru: Classificação por tipo segundo a Normativa
Nº 8

TABELA OFICIAL PARA CLASSIFICAÇÃO		
DEFEITOS	TIPOS	PONTOS
22	3 - 35	+ 15
23	3 - 40	+ 10
25	3 - 45	+ 5
26	4	+ 5
26	4	BASE
28	4 - 5	- 5
30	4 - 10	- 10
32	4 - 15	- 15
34	4 - 20	- 20
36	4 - 25	- 25
38	4 - 30	- 30
40	4 - 35	- 35
42	4 - 40	- 40
44	4 - 45	- 45
46	5	- 50
49	5 - 5	- 55
53	5 - 10	- 60
57	5 - 15	- 65
61	5 - 20	- 70
64	5 - 25	- 75
68	5 - 30	- 80
71	5 - 35	- 85
75	5 - 40	- 90
79	5 - 45	- 95
86	8	- 100
93	6 - 5	- 105
100	6 - 10	- 110
108	6 - 15	- 115
115	6 - 20	- 120
123	6 - 25	- 125
130	6 - 30	- 130
138	6 - 35	- 135
145	6 - 40	- 140
153	6 - 45	- 145
160	7	- 150
180	7 - 5	- 155
200	7- 10	- 160

Continuação

Anexo 1 – Qualidade do café beneficiado grão cru: Classificação por tipo segundo a Normativa N° 8

TABELA OFICIAL PARA CLASSIFICAÇÃO		
DEFEITOS	TIPOS	PONTOS
220	7 - 15	- 165
240	7 - 20	- 170
260	7 - 25	- 175
280	7 - 30	- 180
300	7 - 35	- 185
320	7 - 40	- 190
340	7 - 45	- 195
360	8	- 200

Anexo 2 – Avaliação física do café beneficiado grão cru de acordo com a SCAA

TABELA DE EQUIVALÊNCIA DE DEFEITOS SCAA – CATEGORIA “I”	
DEFEITO	EQUIVALÊNCIA (PARA 1 DEFEITO)
Preto (Totalmente)	1
Ardido (Totalmente)	1
Coco (Marinheiro)	1
Atacado por Fungos	1
Paus, pedras e outras impurezas	1
Grão brocado (Ataque Severo)	5
TABELA DE EQUIVALÊNCIA DE DEFEITOS SCAA – CATEGORIA “II”	
DEFEITO	EQUIVALÊNCIA (PARA 1 DEFEITO)
Preto (Parcialmente)	3
Ardido (Parcialmente)	3
Pergaminho	5
Mofado	5
Imaturo	5
Malformado	5
Concha	5
Quebrado, Cortado	5
Casca	5
Grão Brocado (Ataque Leve)	10

Fonte: SCAA (2009)

Anexo 3 – Avaliação sensorial



ESPECIAIS



Anexo 4 – Metodologia de avaliação desenvolvida pelo Comitê de Normas Técnicas (SCAA Technical Standards).



AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CAFÉ

Nome: _____

Data: _____

Qualidade do Café

95 - Excepcional 75 - Muito Bom
90 - 70 -
80 - Especial 65 - Bom

Amostra No	Fragância Aroma Seco 10 9 Quebra 8 7 6	Uniformidade ○ ○ ○ ○	Ausência Defeitos ○ ○ ○ ○	Doçura ○ ○ ○ ○	Sabor 10 9 8 7 6	Acidez 10 9 8 7 6	Corpo 10 9 8 7 6	Finalização 10 9 8 7 6	Equilíbrio 10 9 8 7 6	Final 10 9 8 7 6	Total Defeitos (subtrair) Leve=2 Forte=4 Qtd Intensd [] X [] = [] Pontuação Final []
Ponto de Torra											
Amostra No	Fragância Aroma Seco 10 9 Quebra 8 7 6	Uniformidade ○ ○ ○ ○	Ausência Defeitos ○ ○ ○ ○	Doçura ○ ○ ○ ○	Sabor 10 9 8 7 6	Acidez 10 9 8 7 6	Corpo 10 9 8 7 6	Finalização 10 9 8 7 6	Equilíbrio 10 9 8 7 6	Final 10 9 8 7 6	Total Defeitos (subtrair) Leve=2 Forte=4 Qtd Intensd [] X [] = [] Pontuação Final []
Ponto de Torra											
Amostra No	Fragância Aroma Seco 10 9 Quebra 8 7 6	Uniformidade ○ ○ ○ ○	Ausência Defeitos ○ ○ ○ ○	Doçura ○ ○ ○ ○	Sabor 10 9 8 7 6	Acidez 10 9 8 7 6	Corpo 10 9 8 7 6	Finalização 10 9 8 7 6	Equilíbrio 10 9 8 7 6	Final 10 9 8 7 6	Total Defeitos (subtrair) Leve=2 Forte=4 Qtd Intensd [] X [] = [] Pontuação Final []
Ponto de Torra											

Anexo 5 – Descrição dos atributos pontuados pela metodologia SCAA de Avaliação Sensorial.

<i>Fragrância/aroma</i>	Os aspectos aromáticos incluem fragrância, definida como o cheiro do café moído ainda seco, e aroma, que é o cheiro do café após a infusão com água quente. Poderão avaliar isto em 2 pontos no processo de degustação: cheirando-se as amostras moídas na xícara antes de despejar água no café, e cheirar durante a quebra de crosta. Aromas específicos podem ser notados na “qualidade” e intensidade do aroma. A pontuação final dada deve refletir a preferência de todos os aspectos da fragrância/aroma do café.
<i>Acidez</i>	A acidez é geralmente descrita como <i>brilho</i> quando ela é favorável, ou <i>azedo</i> quando for desfavorável. Na sua melhor condição, a acidez contribui para a vivacidade do café, doçura e característica de fruta-fresca, pois é a primeira sensação degustativa a ser avaliada imediatamente após o café ser sorvido para dentro da boca. A acidez que é muito intensa ou dominante pode ser desagradável, entretanto, a acidez excessiva pode não ser favorável para o perfil do sabor do café. A pontuação final marcada na escala vertical deve refletir a preferência pela acidez relativa esperada para o perfil do sabor daquele café, baseados nas características originais e outros fatores (grau de torra, finalidade de uso, aplicação do café etc.)
<i>Corpo</i>	A qualidade do corpo é baseada no sentimento tátil do líquido na boca, especialmente quando percebidos entre a língua e o céu da boca. A maioria dos cafés com corpo intenso irá receber alta pontuação em termos de qualidade. Entretanto, alguns cafés com corpo mais leve, podem também trazer uma sensação agradável na boca.

Continuação ...

Anexo 5 – Descrição dos atributos pontuados pela metodologia SCAA de Avaliação Sensorial.

<i>Sabor</i>	O sabor representa a característica principal do café, as notas de “meio alcance” da avaliação, entre a primeira impressão, dada pelo primeiro impacto do aroma do café e a acidez, até a sua finalização. É a combinação de toda a sensação gustativa (papilas gustativas) e aromas na área retro-nasal, que vai da boca ao nariz. A pontuação dada para o sabor deverá incluir sua intensidade, qualidade e complexidade desta combinação entre gosto e aroma, experimentado quando o café é vigorosamente sorvido para dentro da boca, assim envolvendo todo o paladar.
<i>Doçura</i>	A doçura refere-se ao agradável sabor e também a qualquer doçura presente, e sua percepção sendo resultado da presença de certos carboidratos. O oposto à doçura no contexto é a adstringência ou sabores de <i>grãos verdes</i> . Isto talvez não seja diretamente percebida em produtos carregados de sacarose, como refrigerantes, mas pode afetar outros atributos de sabor.
<i>Xícara limpa</i>	Defeitos são sabores negativos ou pobres que depreciam a qualidade do café. A xícara limpa refere-se à falta de interferência de impressões negativas desde a primeira ingestão até o final do Sabor Residual, a “transparência” da bebida. Na avaliação deste atributo nota-se a experiência total do sabor. As impressões negativas são classificadas em duas categorias, de acordo com sua intensidade: defeito leve e defeito grave, recomendando-se descrever o tipo de problema, por exemplo se é fenólico ou “borracha”. Um defeito leve refere-se a um sabor desagradável menos intenso, atribuindo-se uma nota 2 (dois) em intensidade. Um defeito grave é devido a aspectos de sabor, também. Para uma amostra com características inaceitáveis, como muito adstringência, sabor de verde ou de fermentação indesejável, por exemplo, é concedido o valor 4 (quatro) para a intensidade.

Continuação ...

Anexo 5 – Descrição dos atributos pontuados pela metodologia SCAA de Avaliação Sensorial.

<i>Balanço</i>	O balanço refere-se a todos os aspectos variados do sabor de um café. Estes aspectos trabalham juntos, complementam-se e contrastam-se entre eles. Se faltar algum determinado atributo no sabor ou se algum atributo está proeminente em um café, a pontuação final do balanço deve ser reduzida.
<i>Sabor residual ou finalização</i>	O sabor residual é definido como uma extensão positiva das qualidades resultantes do sabor do café após bebê-lo. Se o sabor residual for curto ou desagradável, a pontuação será mais baixa, e quando se verifica um sabor residual longo e agradável, significa qualidade do café.
<i>Uniformidade</i>	Refere-se à consistência de sabores em diversas xícaras avaliadas. Se as xícaras apresentarem sabores diferentes com um mesmo café, significa que a uniformidade deve ser penalizada. Um café uniforme deve apresentar os mesmos sabores nas diversas xícaras para ser chamado de uniforme.
<i>Resultado Global ou Avaliação pessoal</i>	O aspecto Resultado Global deve refletir total coerência em relação à avaliação feita pelo degustador de cada um dos atributos. Refere-se ao café como um todo. Uma pontuação integrada holisticamente do café percebida por uma experiência individual. Um café que alcance todas as suas características, e reflita um sabor original particular de qualidade, irá receber uma pontuação alta.

Anexo 6 – Correlação das metodologias SCAA-COB

CORRELAÇÃO SCAA-COB



>85 pontos SCAA = Estritamente Mole

80 a 84 pontos SCAA = Mole

75 a 79 pontos SCAA = Apenas Mole

< 74 pontos SCAA = Dura

Anexo 7 – Roda de aromas e sabores

AROMAS e SABORES

(roda à direita):

I. **AROMAS:** Grupo ENZIMÁTICO, Grupo CARMELIZAÇÃO DO AÇÚCAR e Grupo DESTILAÇÃO SECA.

II. **SABORES:** interação entre os quatro sabores básicos (DOCE, SALGADO, AMARGO E ÁCIDO).

DEFEITOS E ALTERAÇÕES DE AROMA e SABOR

(roda à esquerda)

I. **DEFEITOS:** devido a agentes externos, trocas químicas, por absorção de outros sabores ou aromas, por processo de torra inadequado.



330 GOLDEN SHORE SUITE 50 LONG BEACH, CA 90802

TEL 562 624 4100 FAX 562 624 4101 URL WWW.SCAA.ORG



Anexo 8 – Resumo das características dos graus de torra (BALD MOUNTAIN COFFEE COMPANY).

Estágio	Propriedades dos grãos	Perda de massa (%)	Nº Agtron	Temperatura (°C) (F)	Aparência do grão
Cru	12% (H ₂ O m ⁻¹)	0,0	99-81	Ambiente	Verdes.
Cinnamon	Vapores voláteis causam a expansão dos grãos.	13,0	80-75	90-130	Marrom claro. Corpo claro, mínimo aroma, sabor parecido com chá. Nenhum óleo na superfície do grão.
American	Os grãos ainda estão expandindo. Este é o estágio em que o 1º crack começa. Acidez mais alta do que açúcar.	14,0	74-65	170-190	Marrom escuro. Grande em tamanho. Evidente acidez, Superfície do grão mantida seca.
City	Grão quase no máximo de expansão. O estágio do crack encerra.	15,0	64-60	210-220	Rachaduras no grão devido a liberação de gases.
Full City	Máxima expansão dos grãos. Balanço de ácidos açúcares. Inicia o estágio do segundo crack.	16,5	60-50	224-230	Lascas do grão começam a voar. Óleo está levemente visível. Acidez balanceada, corpo mais completo. Superfície do grão geralmente seca.
Vienna	Mais gases são liberados. O estágio do segundo crack encerra.	17,0	49-45	230-235	Marrom mais escuro. Grãos tem óleo sobre si. Emerge amargor adocicado. Baixa acidez, corpo pesado.
Espresso	Decrescem os aromas. Açúcares caramelizam.	18,0	44-35	235-240	Preto com manchas de óleo, superfície brilhante. Amargor doce domina a acidez.
French	Ácidos decrescem radicalmente. Açúcares carameliza.	19,0	34-25	240-246	Preto escuro. Muito óleo. Cheiro de queimado. Coberto com óleo. Tons de amargo dominam. Corpo fino.
Italian	Grãos perdem o sabor característico do café.	20,0	24-15	246-265	Preto. Superfície brilhante. Tons amargo queimado dominam.

ANEXO 9 – Características físicas de qualidade do grão de café torrado e torrado e moído e Características sensoriais e qualidade global da bebida de café

Características físicas de qualidade do grão de café torrado e torrado e moído.

PONTO DE TORRA DISCO AGTRON	GOURMET	SUPERIOR	TRADICIONAL
60 a 65	Médio claro a quase médio		
50 a 65		Médio/ moderadamente escuro a médio claro	
45 a 65			Moderadamente escuro a médio claro

Fonte: SCAA (2008)

Características sensoriais e qualidade global da bebida de café

CARACTERISTICAS	GOURMET	SUPERIOR	TRADICIONAL
Aroma	Característico, marcante e intenso.	Característico	Fraco a moderado
Acidez	Baixa a alta a	Baixa a moderada	Baixa
Amargor	Típico	Moderado	Fraco a moderadamente intenso
Sabor	Característico, equilibrado e limpo.	Característico e equilibrado	Razoavelmente característico
Sabor Estranho	Livres de sabor estranho	Livres de sabor de fermentado, mofado e de terra.	Moderado
Adstringência	Nenhuma	Baixa	Moderada
Corpo	Encorpado, redondo, suave.	Razoavelmente encorpado.	Pouco encorpado a encorpado.
Qualidade Global	Muito bom a excelente.	Razoavelmente bom a bom.	Regular a ligeiramente bom.

Fonte: SCAA (2008)

ANEXO 10 – Metodologia de extração dos lipídios para caracterização dos ácidos graxos presentes no óleo de café.

1 PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS (MÉTODO DO MIKO GRIINARI)

Material para o procedimento de Extração e Metilação de Óleo

Reagentes:

Cloreto de Cálcio Anidro

Sulfato de Sódio

NaOMe: 30% Fluka 71748

Metil Acetato: Fisher M203-500 (este reagente é usado para minimizar os efeitos da saponificação; reações secundárias são direcionadas para o metil acetato em vez dos ácidos graxos do óleo)

Ácido Oxálico: Sigma 0-0376

Metanol

Éter Etilico

Soluções:

Hexano:Isopropanol (HIP): 3 partes hexano: 2 partes isopropanol (+ BHT) = 600 ml hexano: 400 ml de isopropanol : 50 mg BHT

Solução Sulfato de Sódio: 1 g de sulfato de sódio para 15 ml H₂O dd

Solução de Metilação: Em um tubo pequeno, misture 1,75 ml de Metanol com 0,4 ml de NaOMe (fica cerca de 1 M NaOMe). Usar dentro de 24 horas

Solução de Terminação: Pese 1 g de Ácido Oxálico em um recipiente de 50 ml. Coloque em um forno a 120° C por 30 minutos para remover qualquer água. Resfrie em um dessecador e adicione 30 ml de dietil eter. Feche, mexa. Guarde no escuro. Usar dentro de 2 semanas.

Importante: Todos os tubos devem ser enxaguados com hexano antes do uso.

Continuação ...

ANEXO 10 – Metodologia de extração dos lipídios para caracterização dos ácidos graxos presentes no óleo de café.

2 PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS (MÉTODO DO MIKO GRINARI)

- 1) Coloque o óleo bruto , entre 30 e 50 g, em tubo Falcon de 50 ml , de modo que todos os tubos ao final fiquem com o mesmo peso.
- 2) Centrifugue: 10000 rpm (17800 G) por 30 minutos à 8° C
- 3) Transfira 400 mg da gordura=fase superior para tubos de extração de 16 X 150 mm (caso não haja gordura suficiente pode-se utilizar 300 mg).
*Para amostras de óleo liofilizadas: transferir cerca de 1 g de pó para tubos de extração de 16 X 150.
Obs.: Pode-se transferir o restante da fase superior = gordura para um frasco de vidro, vedando-se sob atmosfera de nitrogênio e manter à -20° C, como reserva.
- 4) Adicione 18 ml de HIP por grama de gordura (0,4 g = 7,2 ml), com pipeta cilíndrica de vidro. Agite no vortex por 30 segundos.
- 5) Adicione 4,8 ml de solução de sulfato de sódio (12 ml de para cada 1 g de gordura) . O hexano se separa do isopropanol. Agite no vortex por 30 s. Deixe descansar 10 minutos para que as fases se separem. Obs.: Caso não haja separação, centrifugue a 3200 rpm, por 5 minutos à 5° C.
- 6) Adicione 1 g de Sulfato de sódio para novos tubos de extração (16 X 150) ou tubos de ensaio do mesmo tamanho. Transfira a camada superior para estes tubos. Insufle N₂ por 30 segundos. Deixe descansar por 30 minutos

Continuação ...

ANEXO 10 – Metodologia de extração dos lipídios para caracterização dos ácidos graxos presentes no óleo de café.

- 7) Transfira o líquido (hexano mais gordura) para frascos de vidro de 5 ml * insuffle com N₂ , vede a tampa com fita adesiva e armazene a -20⁰C (obtem-se cerca de 2-3 ml de hexano + gordura). Preferencialmente com tampa de rosca.

4 PROCEDIMENTO DE METILAÇÃO (MÉTODO DE KARI)

- 1) Descongele o frasco (hexano+gordura), e evapore todo o hexano sob N₂ , ao final a gordura fica solidificada no fundo do frasco.
- 2) Para facilitar a pesagem, deixar as amostras em banho-maria na temperatura máxima de 40° C. Uma vez que a gordura está liquefeita pese 40 mg de lipídeos, com o auxílio de uma pipeta de 200 µl com a ponta da ponteira cortada, dentro de um tubo de ensaio graduado com fundo cônico (10 ml).
- 3) Adicione 2 ml de Hexano (pipeta cilíndrica de vidro) e 40µl de Metil acetato (micropipeta de 50 µl). Tampe com rolha de borracha e agite no vortex por 30 segundos.
- 4) Adicione 40 µl da Solução de Metilação (micropipeta de 50 µl). Tampe o tubo e agite em vortex por 2 minutos. Deixe descansar por 10 minutos.
- 5) Após os 10 minutos , adicione 60 µl da solução de terminação (micropipeta de 200 µl). Tampe o tubo e agite em vortex por 30 segundos.
- 6) Coloque uma medida de Cloreto de Cálcio de cerca de 200 mg. Tampe, agite em vortex e deixe descansar por 1 hora.

Continuação ...

ANEXO 10 – Metodologia de extração dos lipídios para caracterização dos ácidos graxos presentes no óleo de café.

- O cloreto de cálcio deve ser adicionado à amostra quando a coluna de GC de 100 m for usada para reter o metanol e a água. Removendo-se o metanol, previne-se problemas com o pico do solvente e a deterioração da coluna.

7) Após 1 hora centrifugue o tubo a 3200 rpm por 5 minutos a 5° C.

8) Com o auxílio de uma pipeta P1000, transfira a camada superior para o vial de cromatografia devidamente identificado. Armazene a -20°C. A amostra está pronta para ser injetada.

* Não insufla N₂ para evitar perda de metil ésteres de ácidos graxos de cadeia curta.

Observações:

- O fator limitante para cada rodada de amostras é a centrífuga.
- A manutenção da gordura em temperaturas próximas a 40° C facilita sua pipetagem, mas CUIDADO para não deixar passar muito desta temperatura.
- Como a Sol. Metilação dura apenas 24 horas, deve-se fazer pequenas quantidades. Abaixo um tabela com algumas sugestões:

Reagente	50 amostras	25 amostras	20 amostras	10 amostras
Metanol	1,75 mL	0,875 mL	0,700 mL	0,350 mL
NaOMe	0,40 mL	0,200 mL	0,160 mL	0,080 mL
Total:	2,15 mL	1,075 mL	0,860 mL	0,430 mL

Continuação ...

ANEXO 10 – Metodologia de extração dos lipídios para caracterização dos ácidos graxos presentes no óleo de café.

5 CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DOS ÁCIDOS GRAXOS

Ref extração: Hara, A.; Radin, N.S. Lipid extraciton of tissues with low-toxicity solvent. Analitical Biochemistry, v 90, p.420-426, 1978

Ref metilação: Christie, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. Journal of Lipid Research v. 23, p. 1072, 1982

6 PROGRAMAÇÃO DO CROMATÓGRAFO:

As amostras transmetiladas serão analisadas em cromatógrafo a gás modelo Focus CG-Finnigan, com detector de ionização de chama, coluna capilar CP-Sil 88 (Varian), com 100 m de comprimento por 0,25 µm de diâmetro interno e 0,20µm de espessura do filme. Será utilizado o hidrogênio como gás de arraste, numa vazão de 1,8mL/min. O programa de temperatura do forno inicial será de 70 °C, tempo de espera 4 min, 175°C (13 °C/min) tempo de espera 27 min, 215°C (4 °C/min) tempo de espera 9 min. e, em seguida aumentando 7 °C/min. até 230 °C, permanecendo por 5min., totalizando 65 min. A temperatura do vaporizador foi de 250 °C e a do detector será de 300 °C

Uma alíquota de 1 µL do extrato esterificado será injetada no cromatógrafo e a identificação dos ácidos graxos será feita pela comparação dos tempos de retenção e as percentagens dos ácidos graxos serão obtidas através do *software* – *Chromquest 4.1* (Thermo Electron, Italy).

Os ácidos graxos serão identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões de ácidos graxos de manteiga. Os ácidos graxos serão quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos. Os resultados dos ácidos graxos foram expressos em percentual de área (%).

Padrões utilizados:

- BCR-CRM 164, Anhydrous Milk-Fat Producer: BCR Institute for Reference
- Materials and Measurements;
- Supelco TM Component FAME Mix, cat 18919 Supelco, Bellefonte, PA