



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Laboratório de Análise de Alimentos



**Monitoramento de Parâmetros Físico-Químicos  
na Pós-Colheita de Café Arábica  
(*Coffea arabica* L.) Colhido em Diferentes  
Estádios de Maturação**

Aluna: **Rogéria Assis dos Santos**  
Orientador: **Marcelo Alexandre Prado**

**Dissertação de Mestrado - Área de Ciência de Alimentos**

**Campinas, julho de 2008**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA  
FEA – UNICAMP**

Sa59m Santos, Rogéria Assis dos  
Monitoramento de parâmetros físico-químicos na pós-colheita de  
Café arábica (*Coffea arabica* L.) colhido em diferentes estágios de  
maturação / Rogéria Assis dos Santos. – Campinas, [s.n.], 2008.

Orientador: Marcelo Alexandre Prado  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Café. 2. Monitoramento. 3. Pós-colheita. 4. Análise sensorial.  
I. Prado, Marcelo Alexandre. .II. Universidade Estadual de  
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Título em inglês: Monitoring the physical chemical parameters in post-harvest Coffee Arábica  
(*Coffea arabica* L.) in different stages of maturation

Palavras-chave em inglês (Keywords): Coffee, Monitoring, Post-harvest, Sensory analysis

Titulação: Mestre em Ciência de Alimentos

Banca examinadora: Marcelo Alexandre Prado

Helena Maria André Bolini

Gerson Silva Giomo

Héctor Abel Palacios Cabrera

Programa de Pós Graduação: Programa em Ciência de Alimentos

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Marcelo Alexandre Prado  
(Orientador)

---

Dra. Helena Maria André Bolini

---

Dr. Gerson Silva Giomo

---

Dr. Héctor Abel Palacios Cabrera

---

**“O valor das coisas  
não está no tempo  
em que elas duram,  
mas na intensidade  
com que acontecem.**

**Por isso existem  
momentos inesquecíveis,  
coisas inexplicáveis e  
pessoas incomparáveis”**

**Fernando Pessoa**

---

# DEDICATÓRIA

---

**Aos meus amados e queridos pais Rogério e Jane, pelo amor, carinho, apoio, compreensão e incentivo, dedico esta tese.**

---

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus por ter iluminado meu caminho com sua luz.

A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em especial ao Departamento de Ciência de Alimentos (DCA), pela oportunidade de realização deste trabalho.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio, compreensão e incentivo durante os anos que me dediquei a esta pesquisa.

Aos meus familiares e irmão pelo carinho, apoio e torcida.

Ao Prof. Dr. Marcelo Alexandre Prado, pela oportunidade, pela orientação, compreensão e confiança em mim depositada.

Ao Abel, pela oportunidade, por acreditar no meu trabalho não medindo esforços para contribuir de forma ativa na realização deste projeto. Obrigado pela amizade, orientação, sábios conselhos, e incentivo nas horas difíceis.

Ao setor de microbiologia do ITAL, pela parceria formada entre esta instituição e a UNICAMP e por conceder a utilização de todo material, equipamento e transporte utilizado durante a realização do trabalho de campo.

Ao setor de análise sensorial do ITAL (LAFISE), pela oportunidade de realização da análise sensorial de ADQ neste departamento, em especial à Aline e Camila pelo auxílio e sugestões durante a realização da análise.

Aos colegas integrantes e ex-integrantes do LAA pela agradável convivência nestes anos de estudo e diversão. E em especial as amigas do ANASUP, Gislaine, Marina, Camila e Raquel, pela amizade, presteza e incentivo.

---

Ao José Mário Jorge, por acreditar no nosso trabalho e fazer a ponte entre nós e a fazenda Cascata.

Ao Gerson, pelo ajuda na elaboração do *check list* e por suas preciosas sugestões durante a realização deste trabalho.

Ao Senhor Carril proprietário da fazenda Cascata que abriu as portas de sua propriedade para a realização do trabalho de campo. Muito obrigado pela oportunidade, pela estadia, pelo apoio e por disponibilizar seus competentes funcionários para nos ajudar no que fosse preciso.

A Senhora Sônia e Cleide, por preparem na fazenda nossas deliciosas refeições com todo carinho.

Ao Sr. Luiz e ao Sr. Armando pela boa vontade e por nos auxiliar com suas dicas e sugestões e valiosas durante todo o monitoramento.

Ao Araújo, por ter conduzido nossas diversas viagens à fazenda Cascata de forma segura e muito divertida.

As cooperativas Coalt, Cooparaíso, Triag, Armazém de Leme que participaram deste trabalho realizando a análise sensorial da prova de xícara.

A Empraba de São Carlos que se disponibilizou a realizar a análise sensorial da Língua Eletrônica.

A laboratorista Cristina do LAA da UNICAMP, pelo apoio durante a realização das análises físico-químicas, sempre com muito bom humor e paciência.

Ao Roger, pela valiosa colaboração nas análises estatísticas.

---

A estagiária Diani, pela colaboração e comprometimento durante a realização das análises físico-químicas.

A Fundação Ezequiel Dias, em especial ao setor de Química Bromatológica que permitiu a realização das análises cromatográficas no laboratório de Cromatografia Líquida.

A Mariem, pela oportunidade e por me apresentar o mundo da cromatografia com toda sua fascinação e dificuldade. Ao Alerson, ao Giancarlo e Fátima Gomides, pelo auxílio no desenvolvimento dos métodos. A Necésia e a Shirley pela amizade, e a todos do laboratório de Cromatografia por me receberem de forma carinhosa e por me auxiliarem na realização das minhas análises.

Aos funcionários da Rilegui pelo apoio e compreensão e em especial a Sra. Prazeres por me deixar ausentar da empresa durante a finalização deste trabalho.

Sempre dei muito valor a boas amizades. E durante a realização deste trabalho tive o prazer de fazer grandes amizades, de conhecer pessoas muito especiais que me ajudaram de forma direta ou indireta na conclusão deste trabalho. À Gabriela e ao Leandro, obrigado pela amizade sincera e por estarem ao meu lado em todos os momentos que morei aqui em Campinas. À minha amiga-irmã Marina, agradeço de coração sua amizade, seu companheirismo, sua boa vontade em ajudar no que fosse preciso, sua família maravilhosa que me acolheu de forma muito carinhosa e a todos os momentos inesquecíveis que vivemos juntas aqui e em Belo Horizonte. À Gislaine, pela amizade verdadeira, pelo companheirismo pelas joselitagens, pelo auxílio na formatação da dissertação e por todos os conhecimentos transmitidos com muito boa vontade e dedicação durante a realização deste estudo, obrigada Sassá!!!

E a todos que ajudaram direta ou indiretamente para a minha formação profissional o meu sincero MUITO OBRIGADA!!!!!!

## RESUMO

---

### Monitoramento de Parâmetros Físico-Químicos na Pós-Colheita de Café Arábica (*Coffea arabica* L.) colhido em Diferentes Estádios de Maturação

**Aluna:** Rogéria Assis dos Santos

**Orientador:** Marcelo Alexandre Prado

Na atualidade a qualidade do café transformou-se num aspecto imprescindível para conquista de novos mercados. Sabe-se que a qualidade do café acha-se estritamente relacionada aos diversos constituintes físico-químicos do grão responsáveis pelo sabor e aroma característicos da bebida e que esta pode ser comprometida pela falta de cuidado durante as etapas pós-colheita e de armazenamento dos grãos, uma vez que os mesmos ficam sujeitos às alterações físicas e químicas que podem comprometer a qualidade da bebida. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o comportamento de alguns parâmetros físico-químicos durante o pós-colheita de café arábica, variedade Mundo Novo, colhidos e monitorados em diferentes estádios de maturação, visando à produção de café de qualidade superior. Primeiramente foi realizada a escolha da fazenda, tomou-se o cuidado em escolher uma fazenda que já realizasse procedimentos adequados durante o processamento dos grãos e que permitisse a realização do monitoramento pós-colheita. Após esta escolha, iniciou-se o trabalho de campo, no qual foi feito o acompanhamento de todas as etapas pós-colheita dos grãos com auxílio de um *check list*. Em todas as etapas avaliadas neste estudo (secagem em terreiro, secador rotativo, armazenamento em tulha e em armazém) foram coletadas amostras para a realização das análises de umidade, acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, proteínas, lipídeos, ácidos clorogênicos e açúcares. O monitoramento foi realizado nos três estádios de maturação estudados, representados pelos lotes L1 (frutos 90% cereja + 10% de verde); L2 (frutos 100% cereja) colhidos no início da safra, e pelo lote L3 (85% de café bóia + 10% de cereja + 5% de verde) colhido 45 dias após a primeira colheita, permitindo avaliar além das alterações físico-químicas ocorrida nos grãos durante o processamento pós-colheita, avaliar também a variação destes parâmetros entre os estádios estudados. A avaliação da qualidade dos grãos foi complementada por avaliação sensorial das bebidas que foi realizada através de três testes sensoriais sendo eles: Prova de Xícara, Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Língua Eletrônica. Ao decorrer de todas as etapas estudadas os teores de umidade e proteína diminuíram enquanto os sólidos solúveis totais e o pH aumentaram gradativamente. Já os teores de lipídeos e a acidez titulável apresentaram-se instáveis durante o processamento. Com

---

relação aos monoisômeros de ácidos clorogênicos, o teor de 5-CQA tende a aumentar e os isômeros 3 e 4 não apresentam tendência definida de aumento ou diminuição durante o processamento. Durante o processo de torração e elaboração da bebida ocorreu redução no teor de 5-CQA e aumento nos teores de 3 e 4-CQA. Na bebida preparada em papel filtro também foram encontrados os três monoisômeros. Com relação aos açúcares, o teor de sacarose tende a aumentar enquanto os teores de frutose e glicose tendem a diminuir durante o processamento. Após a torração o nível de sacarose, frutose e glicose diminuíram drasticamente, não sendo detectados glicose e frutose nos grãos torrados. Os resultados dos testes sensoriais indicaram que grãos colhidos em diferentes estádios de maturação são passíveis de produzir bebida de qualidade superior. Este estudo também demonstrou a importância da realização de futuros trabalhos que avaliem o comportamento de compostos físico-químicos em grãos durante todo o procedimento pós-colheita, para que seja possível estabelecer futuramente procedimentos seguros de pós-colheita capazes de garantir a qualidade do grão e da bebida.

## ABSTRACT

---

### Monitoring the Physical-Chemical Parameters in Post-Harvested Coffee *Arabica (Coffea Arabica L.)* in Different Stages of Maturation

**Author:** Rogéria Assis dos Santos

**Advisor:** Marcelo Alexandre Prado

Nowadays the quality of coffee became an indispensable aspect for the conquest of new markets. It is known that the quality of coffee is strictly related to diverse physical-chemical constituents of the grain responsible for the characteristic flavor and taste of the drink and this could be compromised for the absence of precaution during the post-harvested stages and storage, since the grains become susceptible to physical and chemical alterations that may decrease the quality of the drink. Within this facts, the present work has the main objective to evaluate the behavior of some physical-chemical parameters in the course of post-harvest of coffee Arabica, Mundo Novo variety, harvested and monitored in different stages of maturation, aiming to produce a superior quality of coffee. Firstly it was chosen carefully a farm that already accomplish the adequate proceedings during the grain processing and that could allow the accomplishment of the monitoring in the course of the post-harvest. After this choice, the work at the field was initiated, in which the accompanying of all post-harvested stages with help of a checklist. In all stages evaluated in this study dry in brick yard, rotative drier, storage in warehouse and in granary some samples were collected for accomplishment of moisture, acid titration, pH, total soluble solids, proteins, lipids, chlorogenic acids and sugars. The monitoring was carried out in three stages of maturation studied, represented by L1 lots (90% cherry fruit + 10% green); L2 (cherry fruit 100%) taken at the start of the season, and the lot L3 (85% of coffee float + 10% of cherry + 5% of green) collected 45 days after the first harvest which allowed to evaluate not only the physical-chemical alterations occurred in the grains in the course of post-harvest process, but also the evaluation of these parameters between the stages studied. The evaluation of grain quality was complemented by sensorial evaluation of the drinks, which was realized in three sensorial tests, as follows; Cup Test, Descriptive Quantitative Analysis and Electronic Tongue. In all studied stages the levels of moisture and protein decreased, while the total soluble solids and pH increased gradually. In the case of lipids and titration acid, they presented themselves unstable in the course of the process. About the chlorogenic acid monoisomers, the level of 5-CQA tends to increase during the grain process and levels of the isomers 3 and 4 did not present a definite tendency of increasing or decreasing during the

---

process. During the torrefaction process and elaboration of the drink occurred a reduction in the levels of 5-CQA, and increase of the 3 and 4-CQA. In drink prepared in filter paper also were encountered concentrations of three monoisomers. In relation to sugars, the sucrose level tends to increase however, the levels of fructose and glucose tend to decrease within the process. After the torrefaction, the level of sucrose, fructose and glucose decreased drastically, and the presence of of glucose and fructose wasn't detected in toasted grains. The results of sensory analysis indicate that grains harvested at different stages of maturation are likely produce drinks of a superior quality. This study has demonstrated the importance of the accomplishment of future works that evaluate the behavior of physical-chemical compounds in grains during all post-harvest proceeding, to allow the possibility to establish future safe proceedings of post-harvest capable of guarantying the quality of the grain and the drink.

# ÍNDICE

---

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xxiii
<b>LISTA DE TABELAS E PLANILHAS</b> .....	xxv
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
I.1. A HISTÓRIA DO CAFÉ .....	5
I.1.1. Origem .....	5
I.1.2. Importância Econômica, Política e Social .....	6
I.2. MERCADO .....	7
I.2.1. Tendência .....	9
I.3. A CAFEICULTURA – FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE.....	10
I.3.1. Cultivar .....	10
I.3.2. Clima e solo.....	11
I.3.3. Estádio de Maturação .....	12
I.3.4. Colheita .....	13
I.3.5. Lavagem – Separação Hidráulica .....	15
I.3.6. Processamento do Café .....	15
I.3.7. Secagem .....	16
I.3.8. Beneficiamento .....	17
I.3.9. Classificação .....	17
I.3.10. Armazenamento .....	18
I.3.11. Torração .....	19
I.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
<b>II. MONITORAMENTO DAS ETAPAS PÓS-COLHEITA DE CAFÉ ARÁBICA (<i>Coffea arabica</i> L.) COLHIDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO</b> .....	27
RESUMO .....	27
ABSTRACT .....	27
II.1. INTRODUÇÃO .....	29
II.2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	30

---

II.2.1. Material .....	30
II.2.1.1. <i>Localização do experimento e caracterização do trato cultural</i> .....	30
II.2.2. Métodos .....	32
II.2.2.1. <i>Descrição das etapas pós-colheita</i> .....	32
II.2.2.2. <i>Amostragem</i> .....	33
II.2.2.3. <i>Check List</i> .....	37
II.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
II.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
<b>III. MONITORAMENTO DE PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DURANTE AS ETAPAS PÓS-COLHEITA DE CAFÉ ARÁBICA (<i>Coffea arabica</i> L.) COLHIDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO</b> .....	45
RESUMO .....	45
ABSTRACT .....	46
III.1. INTRODUÇÃO .....	47
III.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS .....	49
III.2.1. Umidade .....	49
III.2.2. Acidez Titulável .....	49
III.2.3. pH .....	50
III.2.4. Sólidos Solúveis Totais .....	50
III.2.5. Proteínas .....	51
III.2.6. Lipídeos .....	52
III.3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	53
III.3.1. Caracterização e Localização do Experimento .....	53
III.3.2. Amostras Analisadas .....	53
III.3.3. Descrição das Etapas Pós-Colheita Analisadas .....	53
III.3.4. Preparo das Amostras .....	54
III.3.5. Metodologia Analítica .....	55
III.3.5.1. <i>Determinação do teor de umidade</i> .....	55

---

---

III.3.5.2. Determinação do teor de lipídeos .....	56
III.3.5.3. Determinação do teor de proteínas .....	56
III.3.5.4. Determinação do teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH .....	57
III.3.6. Análise Estatística .....	57
III.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
III.4.1. Umidade .....	58
III.4.2. Acidez Titulável .....	60
III.4.3. pH .....	63
III.4.4. Sólidos Solúveis Totais .....	65
III.4.5. Proteínas .....	67
III.4.6. Lipídeos .....	69
III.5. CONCLUSÃO .....	71
III.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
<b>IV. ANÁLISE DE AÇÚCARES (SACAROSE, GLICOSE E FRUTOSE) E DE ÁCIDO CLOROGÊNICO 5-CQA E SEUS ISÔMEROS POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE) EM GRÃOS DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) COLHIDOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO .....</b>	<b>79</b>
RESUMO .....	79
ABSTRACT .....	80
IV.1 INTRODUÇÃO .....	82
IV.2. ANÁLISE DE ÁCIDOS CLOROGÊNICOS .....	83
IV.2.1. Materiais e Métodos .....	85
IV.2.1.1. <i>Matéria-Prima</i> .....	85
IV.2.1.2. <i>Descrição das etapas monitoradas e analisadas</i> .....	85
IV.2.1.3. <i>Amostras analisadas</i> .....	86
IV.2.1.4. <i>Preparo das amostras</i> .....	87
IV.2.1.5. <i>Extração nos cafés crus e torrados</i> .....	87
IV.2.1.6. <i>Extração nas bebidas</i> .....	88

---

---

IV.2.1.7. Preparo da solução de Carrez	89
IV.2.2. Avaliação dos Critérios de Desempenho do Método de Validação: ACG	88
IV.2.2.1. Seletividade e especificidade	88
IV.2.2.2. Repetibilidade do equipamento	89
IV.2.2.3. Linearidade	89
IV.2.2.4. Recuperação do analito	89
IV.2.2.5. Limites de detecção e quantificação do equipamento	91
IV.2.2.6. Limites de detecção e quantificação do método	92
IV.3. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO ÁCIDO CLOROGÊNICO E SEUS ISÔMEROS	92
IV.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
IV.4.1. Análise Estatística	95
IV.4.2. Ácidos Clorogênicos Totais	95
IV.4.3. 5-CQA	96
IV.4.4. Isômeros 3 e 4-CQA	98
IV.5. ANÁLISE DE AÇÚCARES (SACAROSE, FRUTOSE E GLICOSE)	102
IV.5.1. Materiais e Métodos	104
IV.5.1.1. Matéria-Prima	104
IV.5.1.2. Descrição das etapas monitoradas e analisadas	104
IV.5.1.3. Amostras analisadas	104
IV.5.1.4. Preparo das amostras	104
IV.5.1.5. Extração nos cafés crus e torrados	104
IV.5.2. Avaliação dos Critérios de Desempenho do Método de Validação: Açúcar	105
IV.5.2.1. Seletividade e especificidade	105
IV.5.2.2. Repetibilidade do equipamento	105
IV.5.2.3. Linearidade	105
IV.5.2.4. Recuperação do analito	106
IV.5.2.5. Limites de detecção e quantificação do equipamento	107

---

---

IV.5.2.6. <i>Limites de detecção e quantificação do método</i> .....	108
IV.6. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS AÇÚCARES.....	109
IV.7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	110
IV.7.1. Análise Estatística.....	110
IV.7.2. Sacarose.....	110
IV.7.3. Frutose.....	113
IV.7.4. Glicose.....	116
IV.8. CONCLUSÃO.....	118
IV.9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
<b>V. AVALIAÇÃO SENSORIAL DA BEBIDA DE CAFÉ ARABICA (<i>Coffea arabica</i> L.) PRODUZIDA A PARTIR DE GRÃOS COLHIDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO ATRAVÉS DA PROVA DE XÍCARA, ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA, E LÍNGUA ELETRÔNICA</b> .....	125
RESUMO .....	125
ABSTRACT .....	126
V.1. INTRODUÇÃO .....	127
V.2. PROVA DE XÍCARA .....	128
V.3. ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA .....	130
V.4. LÍNGUA ELETRÔNICA .....	131
V.5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	132
V.5.1. Caracterização e Localização do Experimento .....	132
V.5.2. Metodologia .....	133
V.5.2.1. <i>Classificação por Tipo e Prova de Xícara</i> .....	133
V.5.2.2. <i>Análise Descritiva Quantitativa</i> .....	133
V.5.2.3. <i>Língua Eletrônica</i> .....	135
V.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	135
V.6. 1. Prova de Xícara .....	135
V.6. 2. Análise Descritiva Quantitativa .....	136

---

---

<i>V.6.2.1. Comparação entre atributos sensoriais das bebidas e as características físico-químicas dos grãos colhidos em diferentes estádios de maturação .....</i>	139
V.6. 3. Língua Eletrônica .....	140
V.7. CONCLUSÃO .....	141
V.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	142
<b>VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	147
<b>ANEXOS .....</b>	149

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1:</b>	Descarregamento do café sobre o terreiro após lavagem .....	34
<b>Figura 2:</b>	Secagem do café no terreiro, etapa “Terreiro 1” .....	35
<b>Figura 3:</b>	Café deixado para descanso em diferentes pontos da tulha .....	36
<b>Figura 4:</b>	Varição no teor de umidade durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	60
<b>Figura 5:</b>	Varição do teor de acidez titulável durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	62
<b>Figura 6:</b>	Varição de pH durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	64
<b>Figura 7:</b>	Varição no teor de sólidos solúveis (% M.S) durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	66
<b>Figura 8:</b>	Varição no teor de proteína durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	68
<b>Figura 9:</b>	Varição no teor de lipídeos durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	70
<b>Figura 10:</b>	Cromatograma do limite de detecção do equipamento para o padrão de ácido clorogênico 5-CQA .....	91
<b>Figura 11:</b>	Cromatogramas obtidos para os padrões empregados: (a) ácido clorogênico 5-CQA e (b) mistura dos isômeros do ácido cafeoilquínico .....	93
<b>Figura 12:</b>	Cromatogramas obtidos para os ácidos clorogênicos presentes nas amostras analisadas: (a) café cru; (b) café torrado; (c) bebida .....	94
<b>Figura 13:</b>	Varição do teor do 5-CQA, durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	98
<b>Figura 14:</b>	Varição do teor dos isômeros 3 e 4-CQA, durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	100
<b>Figura 15:</b>	Cromatograma do limite de detecção do equipamento para o <i>pool</i> dos padrões de açúcar (sacarose, frutose e glicose) .....	108
<b>Figura 16:</b>	Cromatograma do <i>pool</i> dos padrões de açúcar (sacarose, frutose e glicose) referente ao ponto de 10 µg/20µL da curva de calibração .....	109

---

<b>Figura 17:</b> Cromatogramas dos açúcares (sacarose, frutose e glicose) presentes nas amostras de cafés crú (a) e torrado (b) .....	110
<b>Figura 18:</b> Variação no teor de sacarose durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	112
<b>Figura 19:</b> Variação no teor de frutose durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	115
<b>Figura 20:</b> Variação no teor de glicose, durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	117
<b>Figura 21:</b> Escala de qualidade global .....	134
<b>Figura 22:</b> Perfil Sensorial obtido para os lotes “Lote 1, Lote 2 e Lote 3” em comparação com a amostra de referência utilizada .....	138

## LISTA DE TABELAS E PLANILHAS

---

<b>Planilha 1:</b> <i>Check List</i> .....	37
<b>Tabela 1:</b> Valores médios do teor de umidade (% b.u) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	58
<b>Tabela 2:</b> Valores médios de acidez titulável mL de NaOH 0,1 mol/L por 100 g de amostra para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	61
<b>Tabela 3:</b> Valores médios de pH para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	63
<b>Tabela 4:</b> Valores médios de sólidos solúveis (% M.S.) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	65
<b>Tabela 5:</b> Valores médios do teor de proteína (% M.S.) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	67
<b>Tabela 6:</b> Valores médios do teor de lipídeos (% M.S.) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	69
<b>Tabela 7:</b> Porcentagem de recuperação do 5-CQA .....	90
<b>Tabela 8:</b> Programação de gradiente de eluição da fase móvel B (solução tampão de ácido cítrico com modificador TBA 0,01M) para análise de ácidos clorogênicos .....	92
<b>Tabela 9:</b> Concentrações médias em (g/100g) de ácido clorogênico “totais” para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	95
<b>Tabela 10:</b> Concentrações médias em (g/100g) de 5-CQA para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	96
<b>Tabela 11:</b> Concentrações médias em (g/100g) de 3-CQA para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	99
<b>Tabela 12:</b> Concentrações médias em (g/100g) de 4-CQA para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	101
<b>Tabela 13:</b> Porcentagem de recuperação de sacarose, frutose e glicose .....	107
<b>Tabela 14:</b> Valores médios do teor de sacarose em (g/100g) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	111
<b>Tabela 15:</b> Valores médios do teor de frutose em (g/100g) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	114

---

---

<b>Tabela 16:</b> Valores médios do teor de glicose em (g/100g) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita .....	116
<b>Tabela 17:</b> Classificação dos grãos por tipo e por bebida, realizada pelas cooperativas COALT, COOPARAÍSO e pelo armazém TRIAG .....	136
<b>Tabela 18:</b> Médias obtidas por 10 provadores para cada um dos atributos da análise sensorial para os Lotes: L1, L2 e L3 .....	137
<b>Tabela 19:</b> Dados da composição, bebida, aroma, sabor e corpo para os Lotes: L1, L2 e L3 .....	138
<b>Tabela 20:</b> Notas obtidas no método de avaliação sensorial .....	140

## INTRODUÇÃO

O café, bebida saborosa, aromática e de propriedades tonificantes, é considerada uma das mais populares e consumidas do planeta. Sua origem é estimada em cerca de mil anos e está associada aos árabes, que primeiro cultivaram a planta. A região de Kaffa, no Oriente Médio, parece ser o berço do café, tendo inclusive emprestado seu nome à bebida. Ao longo do tempo os holandeses conseguiram as primeiras mudas cultivadas na Europa e de lá pra cá, o hábito de produzir o fruto e a bebida espalhou-se por todo mundo. Foi introduzido no Brasil no século XVIII e desde então, a cafeicultura brasileira vem contribuindo para o desenvolvimento e industrialização do país, principalmente na região sudeste.

O café é hoje o segundo gerador de riquezas do planeta, perdendo apenas para o petróleo, e é produzido em mais de 50 países, sendo o Brasil, Colômbia, México, Indonésia e Vietnã, responsáveis por cerca de 56% da produção mundial. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores. É também o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos. As áreas cafeeiras estão concentradas no centro-sul do país, onde se destacam quatro estados produtores: Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Paraná.

O preço do café brasileiro tem diminuído em relação ao preço do produto distribuído pela América Central, Colômbia, Quênia e México, devido à suavidade da bebida proveniente do café desses países. Para conquistar os mercados mais exigentes e refinados, pesquisas estão sendo conduzidas com intuito de conhecer e melhorar a qualidade do café associando a obtenção de altas produtividades da cultura. Inúmeros estudos procuram estabelecer uma relação entre a composição química do grão e a qualidade da bebida. Mas já se sabe que fatores como irrigação, altitude, clima e tratamentos pré e pós-colheita também são de grande influência sobre o produto final (KOBAYASHI *et al.*, 2007).

O café é um dos produtos agrícolas que tem seu preço vinculado a parâmetros qualitativos, assim seu valor é acrescido com a melhoria da qualidade. A composição química

---

dos grãos, determinada por fatores genéticos, ambientais e culturais, junto aos métodos adequados de colheita, processamento e armazenamento, são parâmetros considerados importantes, por afetarem diretamente a qualidade da bebida.

Segundo COSTA (2006) a qualidade do café é uma consequência da perfeita sinergia de toda a sua cadeia agroindustrial com os interesses do mercado consumidor. Essa qualidade reflete nas características físicas, nutricionais e sensoriais do grão, que por sua vez, refletirá também na atitude do consumidor diante daquele produto.

A cafeicultura tem enfrentado transformações em sua conjuntura econômica, resultando na necessidade de mudança tanto na produção quanto na comercialização de cafés com reflexos significativos na produção brasileira. Os consumidores têm se tornado mais exigentes, valorizando tipos especiais de café, e o mercado mais competitivo pela entrada de novos países produtores e exportadores (VILLELA, 2002). Sendo assim, para a sobrevivência da cafeicultura brasileira, é imprescindível que o Brasil siga o caminho da qualidade.

A aplicação de técnicas adequadas de colheita e processamento do café são fatores de extrema importância para a produção de café de melhor qualidade. Sendo assim, a época adequada para se efetuar a colheita, além de uma secagem apropriada, evitando processos fermentativos, dentre outros fatores, mostra-se imprescindível para a obtenção de um café com composição química adequada e com menores modificações bioquímicas indesejáveis e deletérias à qualidade da bebida.

O estudo da influência dos diferentes estádios de maturação na qualidade do café, por meio de características físicas, análises químicas e sensoriais, ainda está em desenvolvimento, necessitando de maiores pesquisas para conscientizar os produtores da importância de uma colheita realizada na época adequada e de um processamento bem feito. Com café de boa qualidade, o cafeicultor tem a maior facilidade na colocação do seu produto no mercado interno e externo, além de obter melhores preços. Sua aceitação, comercialização e valorização no mercado são baseadas em parâmetros qualitativos, principalmente em relação a qualidade da bebida, avaliada através de testes sensoriais.

A crescente demanda pelos países importadores de um café de melhor qualidade, que tenha sido monitorado e que seja certificado, juntamente com o surgimento de uma consciência entre os consumidores brasileiros de não se sujeitarem a adquirir o resíduo desta exportação, impõe aos estabelecimentos de pesquisa e aos produtores de café um produto de melhor qualidade. Sendo assim, este trabalho de pesquisa propõe: coletar dados das etapas pré-

colheita (tratos culturais, condições da lavoura); realizar o monitoramento de todas as etapas pós-colheita (atividades, procedimentos, tempo do processo, etc.); analisar as variações dos componentes do grão ao longo do processamento mediante análises físico-químicas e, finalmente avaliar a qualidade sensorial da bebida obtida com grãos colhidos e monitorados em diferentes estádios de maturação.

# CAPÍTULO I

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### I.1. A HISTÓRIA DO CAFÉ

#### I.1.1. Origem

O café, bebida mais popular do mundo, pertence à família Rubiácea, que inclui mais de 500 gêneros e cerca de 800 espécies. Acredita-se que sua origem seja das regiões montanhosas da Etiópia nas províncias de Kaffa-Jima, Sidamo e HAR (ANJOS, 2005). Entretanto a planta foi cultivada a primeira vez pelos árabes – por isso a denominação ‘café arábica’, nome científico de uma das mais importantes espécies de café.

O hábito de tomar café foi desenvolvido na cultura árabe. No início, o café era conhecido apenas por suas propriedades estimulantes e a fruta era consumida fresca, sendo utilizada para alimentar e estimular os rebanhos durante viagens. Com o tempo, o café começou a ser macerado e misturado com gordura animal para facilitar seu consumo durante as viagens. Em 1000 d.C, os árabes começaram a preparar uma infusão com as cerejas, fervendo-as em água. Somente no século XIV, o processo de torrefação foi desenvolvido, e finalmente a bebida adquiriu um aspecto mais parecido com o dos dias de hoje.

Os árabes durante muito tempo bem que tentaram esconder as plantações para que nenhum estrangeiro tivesse acesso ao raro fruto. Somente era permitido que saíssem do país grãos previamente fervidos, que não germinariam em outras terras.

Foram os holandeses que conseguiram as primeiras mudas cultivadas na Europa, que cresceram em estufas do jardim botânico de Amsterdã. Eles iniciaram o cultivo comercial em 1658, primeiro no Sri Lanka, depois em Java. A bem-sucedida experiência holandesa estimulou outros países a investirem em cafezais. Por volta de 1706, sua produção abrangia grandes áreas da Indonésia e a maior parte do café javanês era exportada para outros países da Europa e para a América. As colônias holandesas chegavam a produzir 500 toneladas anuais.

A França, presenteada com um pé de café pelo burgomestre de Amsterdã também iniciou o cultivo do fruto nas Ilhas Sandwich e Bourbon.

### **I.1.2. Importância Econômica, Política e Social**

O café é uma página muito especial na história do Brasil. Maior gerador de riquezas e produto mais importante na história nacional é capaz de descrever todo desenvolvimento do país a partir de sua própria história, sua chegada, seu plantio, sua comercialização e seu sucesso no exterior.

Desde sua descoberta, o café levou cerca de nove séculos até sua chegada ao Brasil, que aconteceu no ano de 1727, através do oficial português Francisco de Mello Palheta que fora enviado à Guiana Francesa pelo governador do Pará para trazer sementes do fruto que, segundo informações fornecidas pelo governador, tinha grande valor comercial. Além das sementes, o oficial também trazia como presente, cinco mudas da planta. No Brasil, as mudas e as sementes foram plantadas inicialmente no Pará. Dali, o café se disseminou pelo país, passando a ser cultivado em outros Estados. Em 1770, o plantio se iniciava na Bahia. Três anos depois, o desembargador João Alberto Castelo Branco, que foi transferido do Pará para o Rio de Janeiro levou consigo algumas sementes. Do Rio de Janeiro expandiu-se pela Serra do Mar até atingir o Vale do Paraíba em 1825. Daí alcançando os Estados de São Paulo e Minas Gerais, onde encontrou condições para seu desenvolvimento.

A significativa importância econômica fez-se dos “Barões do Café” de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais o centro da elite do Império e da República, até quase a metade do século XX.

Em 1830 o café transformara-se no principal produto de exportação, ultrapassando o algodão e o açúcar e, em 1845 o Brasil já era responsável por 45% das exportações mundiais do produto. A forte expansão da cultura cafeeira, concomitante as crises internacionais do mercado de açúcar e algodão, junto ao esgotamento das reservas de ouro de Minas Gerais, faz com que um novo ciclo na economia brasileira se inicie. O desenvolvimento e modernização do país iniciam-se com deslocamento do eixo econômico do Nordeste, então produtor de açúcar e algodão, para o Sudeste, resultando num novo perfil de distribuição de renda da população, com a construção de estradas de ferro e abertura de novos portos para escoamento da produção. O número de bancos cresceu e o comércio tornou-se mais ágil.

A rápida ampliação das plantações de café cria também o primeiro problema: a escassez de mão-de-obra provocada pela interrupção definitiva do tráfico de escravos africanos em 1850. A solução encontrada é a atração de imigrantes, com o apoio oficial. Nas últimas décadas do século XIX, as fazendas de café recebem milhares de imigrantes europeus – italianos, portugueses, espanhóis, alemães, suíços e eslavos – e asiáticos, que vêm trabalhar em regime de parceria, recebendo por produção ou como assalariado. Com a substituição do trabalho escravo pelo livre, a cafeicultura não apenas se desenvolve como também apressa o fim da escravidão.

Em 1929, a economia cafeeira sofreu um duro revés com a quebra da bolsa de Nova Iorque. O financiamento junto aos bancos estrangeiros é interrompido. O preço do café caiu bruscamente, em função das excedentes de produção e os fazendeiros sentiram a verdadeira dimensão de estarem inseridos no mercado mundial. Milhares de sacas de café estocadas foram queimadas e pés de cafés foram erradicados (BELING, 2005).

Quando a economia mundial se recuperou da crise de 29, o Sudeste do país voltou a crescer, em função da cafeicultura e também da indústria, com expressão cada vez maior na economia local. Mesmo perdendo mercados para outros países, o Brasil se mantém como um dos principais produtores de café do mundo (PASCOAL, 1999).

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional de café, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores. É também o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos (ABIC, 2006).

## **I.2. MERCADO**

O Brasil, há mais de um século é o maior produtor e exportador de café do mundo e está expandindo seus negócios de café em todas as direções. Aumentou a produção média anual, dobrou a produtividade, tornou-se maior vendedor de grãos de alta qualidade no mundo, ampliou o consumo interno, criou programas inovadores como o Selo de Pureza e o programa de qualidade do café que estão sendo copiados em outras regiões produtoras do planeta. Iniciou exportações de café de café torrado e moído, com sucesso especial na oferta de café gourmet. O café em grão, cujas exportações lideravam a pauta comercial brasileira até a década de 60, hoje divide sua importância com inúmeros produtos do agronegócio e da indústria de transformação (CAIXETA, 2007).

O Brasil tem a liderança absoluta na produção de cafés no mundo. Segundo (BERLING, 2005) as dimensões geográficas continentais e clima tropical favorável ao cultivo do café, facilitaram a adaptação da planta em solo brasileiro. Tanto que ela é produzida com excelente qualidade de Norte a Sul, de Rondônia ao Paraná.

Para se ter uma idéia da dimensão e da participação do café do Brasil como maior produtor mundial, o país produziu na média dos últimos cinco anos, 36,21 milhões de sacas de café verde por ano, ou seja, 31,6% de todo café produzido no mundo. Para se entender a importância do Brasil neste mercado, basta dizer que o país ainda apresentou nesse período, 2,84 milhões de sacas a mais que a soma da quantidade de café produzida pelos quatro principais concorrentes. Vietnã, Colômbia, Indonésia e México produziram em média, nos últimos cinco anos, 33,7 milhões de sacas por ano. Vale a pena destacar que a produção da Vietnã e da Indonésia é quase toda de café robusta, e a Colômbia e México são nossos concorrentes no mercado de café arábica (PERREIRA, 2004).

O café é cultivado em 13 estados brasileiros, mas 95% da produção se concentra em apenas seis: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia. Segundo DEMARCHI (2003) a produção de café arábica concentra-se em Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Enquanto no Espírito Santo e na Bahia são plantados cafés arábica e robusta. Minas Gerais é o maior estado produtor, com 47% da produção do café brasileiro. Em segundo lugar está o Espírito Santo, com 19% (maior produtor de café robusta). Na terceira colocação vem São Paulo, com 13%. O Paraná é o quarto maior produtor, com 7% do café nacional (terceiro se for considerada apenas a produção de café arábica).

BELING (2005) relata que atualmente das 36 milhões de sacas, 22 milhões são destinadas à exportação e o restante vai para o consumo interno. Neste cenário o café verde predomina como o carro chefe das exportações brasileiras, com 89% de participação nas vendas para o exterior. O café solúvel responde por 10% e o torrado e moído tem 1%, mas as indústrias nacionais já trabalham com a perspectiva de ampliar esta fatia do mercado.

O Brasil, maior produtor e exportador mundial, é também o segundo maior consumidor de café do mundo. O Brasil possui um consumo por habitante/ano (*per capita*) de 4,27 quilogramas de café torrado, quase 70 litros para cada brasileiro, registrando uma evolução de 3,9% em relação a 2005 contra 2,7% no período anterior a 2005, o que confirma a constatação de pesquisa realizada pela InterScience, de que as pessoas estão consumindo mais xícaras de café por dia (ABIC, 2007).

A Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) atribuiu o crescimento do consumo a um conjunto de fatores que se repete há anos, de forma consistente e duradoura. Entre estes fatores estão a melhoria contínua da qualidade do café oferecido aos consumidores, consolidação do mercado de cafés tipo Gourmet ou especiais, diferenciados e de alta qualidade, que despertam cada vez mais a atenção, o interesse e a curiosidade junto aos consumidores e pela melhora significativa da percepção do café quanto aos benefícios para a saúde. Todos estes fatores implicaram também em maiores investimentos da indústria de café em tecnologia, inovação e marketing, em montante que atingiu cerca de 130 milhões em 2006.

### **I.2.1. Tendência**

A cafeicultura tem enfrentado transformações em sua conjuntura econômica, resultando na necessidade de mudança tanto na produção quanto na comercialização de cafés com reflexos significativos na produção brasileira. Os consumidores têm se tornado mais exigentes, valorizando tipos especiais de café, e o mercado internacional mais competitivo pela entrada de novos países produtores e exportadores (VILLELA, 2002). Segundo TORRES (1997), um dos fatores determinantes da aceitação do café brasileiro, no mercado internacional, foi a falta de um padrão de qualidade do produto nacional. A estratégia brasileira era exportar grandes quantidades para um mercado em que a exigência quanto à qualidade era crescente. Os principais concorrentes brasileiros perceberam mais cedo a importância de ofertar um produto de melhor qualidade e de adotar estratégias de marketing. Para atender esse mercado, grande parte dos cafeicultores não estão medindo esforços para produzir um café de melhor qualidade.

É grande a busca por qualidade no setor alimentício. No mercado de café, esta busca é bem visível, já que o segmento de cafés especiais representa atualmente cerca de 12% do mercado internacional. O conceito de cafés especiais é bastante amplo, englobando atributos que vão desde características físicas até parâmetros de diferenciação, como determinadas nuances que irão interferir na qualidade da bebida. Outros fatores, como os de ordem ambiental e social são preocupações dos compradores internacionais (CHAGAS, 2003).

Atribuir qualidade ao café significa avaliar com exigência todos os aspectos que influenciarão na relação entre bebida e a satisfação do consumidor. Para CARVALHO e CHAULFOUN (1985), entre os vários fatores que estão associados à qualidade da bebida, destaca-se a composição química dos grãos, determinada por fatores genéticos, culturais e ambientais. Segundo CARVALHO (1998), também deve-se eliminar ao máximo os fatores

detrimentais à qualidade, cuidados estes que consideram a espécie ou variedade, número e grau de impureza e defeitos, contaminação microbiológica, formato e tamanho dos grãos (peneira), aspecto, cor, preparo, torração e sabor da bebida.

Na produção de cafés de qualidade, além de técnicas adequadas de condução das lavouras, deve-se destacar a importância dos cuidados pós-colheita. A aplicação de técnicas adequadas de colheita e preparo do café são fatores de extrema importância para proporcionar café de melhor qualidade. Sendo assim, a época adequada para se efetuar a colheita, além de uma secagem apropriada evitando processos fermentativos dentre outros fatores, mostra-se imprescindível para a obtenção de um café com composição química adequada e com menores modificações bioquímicas indesejáveis e prejudiciais à qualidade da bebida.

A crescente demanda pelos países importadores de um café de melhor qualidade, que tenha sido monitorado e que seja certificado, juntamente com o surgimento de uma consciência entre os consumidores brasileiros de não se sujeitarem a adquirir o resíduo desta exportação, impõe aos estabelecimentos de pesquisa e aos produtores de café um produto de melhor qualidade. Atualmente já existem alguns programas de certificação em café que vem agregando qualidade e valor aos grãos produzidos. Os produtos certificados abrem possibilidades de melhoria da imagem do empreendimento entre os consumidores e a sociedade.

Conforme estudo realizado por LUNA *et al.*, (2001), na decisão de compra do café, os consumidores consideram mais importante que o produto seja diferenciado em relação à concorrência, principalmente no que tange a certificação de origem e qualidade, o incremento na qualidade desses produtos e o marketing.

### **I.3. A CAFEICULTURA – FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA BEBIDA**

#### **I.3.1. Cultivar**

Existem descritas, atualmente, cerca de cem espécies de café. Segundo PASCOAL (1999), do ponto de vista econômico, há duas espécies importantes. A *Coffea arabica* L. amplamente cultivada no continente americano, que nos dá o café arábica de gosto suave, aromático, achocolatado, o único que pode ser bebido puro sem nenhum *blend*, e a *Coffea canephora*, cultivares Robusta e Conilon. Esta última é mais resistente a pragas, porém não oferece qualidade na bebida, sendo seu sabor adstringente e mais amargo.

A escolha de cultivares é importante não só em relação à produtividade, mas também quanto às características de qualidade. Segundo TEIXEIRA (1999) as cultivares mais plantadas no Brasil são: Mundo Novo, Catuaí, Bourbon e Icatu, entre outras.

A cultivar Mundo Novo caracteriza-se por apresentar elevada produção de café beneficiado, com cerca de 90% de grãos tipo chato, aliada a um bom vigor vegetativo e longevidade: é de porte alto (em média 3 metros) e apresenta bom desenvolvimento do sistema radicular. A cor dos brotos é verde clara ou bronze, conforme a progênie, a cor dos frutos pode ser vermelha ou amarela. Apresenta razoável precocidade na maturação dos frutos, com boa uniformidade de maturação em relação ao número de floradas significativas, em torno de três. Destas, a primeira corresponde a aproximadamente 10% da produção; a segunda, a 80% e a terceira, a 10%, o que propicia a obtenção de um café de melhor qualidade pelos pequenos percentuais de frutos verdes por ocasião da colheita (MELO *et al.*, 1998).

### **I.3.2. Clima e Solo**

A condição geográfica para produção do café arábica de qualidade é representada por regiões de altitude elevada e solo rico, ou seja, terras localizadas ao redor da zona equatorial, entre os limites de 25 graus norte e 30 graus sul. São regiões tropicais onde, durante o dia as temperaturas são elevadas e a noite faz frio. No mundo existem inúmeras regiões produtoras de café, que apresentam características edafoclimáticas diferentes que são determinantes para o sabor do café (NATIONAL COFFE E ASSOCIATION, 2007).

As áreas brasileiras de cafés especiais envolvem basicamente a região Mogiana do estado de São Paulo, o Sul e Cerrado de Minas Gerais, o vale do Jequitinhonha, o Oeste da Bahia e as chapadas baianas. Uma das mais tradicionais regiões produtoras de café, a Mogiana está localizada ao norte do estado de São Paulo, com cafezais a uma altitude que varia entre 900 e 1.000 metros. A região produz somente café arábica e as cultivares mais plantadas são o Catuaí e o Mundo Novo (VILLELA, 2002). Segundo MARTINS *et al.*, (2005) os cafés produzidos na região Mogiana são classificados em sua maioria como cafés de bebida mole, em virtude de características como temperaturas amenas e acentuada deficiência hídrica.

A importância das condições meteorológicas durante o crescimento e o desenvolvimento da cultura do café é reconhecida por muitos pesquisadores especialistas nesta atividade agrícola. Segundo SANTINATO *et al.* (1996) temperaturas médias anuais situadas entre 18 e 22°C parecem ser as mais favoráveis ao cafeeiro. Entretanto, não se deve considerar apenas a

média anual, pois muito importantes são os extremos, especialmente as temperaturas mínimas que se apresentam na região. Assim, sendo o cafeeiro uma planta pouco tolerante ao frio, não deve ser plantado em regiões sujeitas a geada ainda que ocasionalmente, pois poderá ser fortemente prejudicado. Por outro lado, em regiões onde temperaturas acima de 30°C são freqüentes, durante períodos longos, a produção do cafeeiro é prejudicada principalmente porque grande número de botões florais abortam, não produzindo frutos.

Não se pode estabelecer um ótimo grau de precipitação anual, uma vez que isso depende também de outros fatores, principalmente da distribuição de chuvas pelos diferentes meses do ano. Esta distribuição deve ser tal que não haja um período demasiadamente longo sem chuva. Quando as épocas de maturação e de colheita coincidem com um período de seca relativa no inverno, a deficiência de chuvas não chega a prejudicar sensivelmente o cafeeiro, favorecendo a colheita e criando condições propícias a obtenção de um produto de melhor qualidade (CRIAR E PALNTAR, 2008).

O cafeeiro exige solos profundos com boa aeração e drenagem. Em geral os solos bons para as grandes culturas brasileiras são também adequados à cafeicultura. Em igualdade de condições deve se dar preferência aos solos mais férteis. Entretanto, como a pobreza do solo pode ser corrigida por adubação, pode se tornar economicamente mais vantajoso cultivar os cafeeiros em um solo mais pobre, porém com melhor topografia, melhores propriedades físicas, maiores facilidades do transporte. Neste caso o maior gasto com fertilizantes poderá ser compensado pela economia resultante dos menores gastos com práticas conservacionistas onerosas teimares facilidades nos tratos culturais, transporte.

### **1.3.3. Estádio de Maturação**

O desenvolvimento do fruto de café (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*) é um processo longo, caracterizado por mudanças nos tecidos. Por exemplo, logo após a fecundação e até a metade do desenvolvimento, o fruto é principalmente constituído pelo pericarpo e perisperma. Em seguida, o perisperma gradualmente desaparece e é progressivamente substituído pelo endosperma (semente verdadeira). Inicialmente o endosperma apresenta-se no estado “líquido” endurecendo durante a fase de maturação, como resultado do acúmulo gradual de proteínas de reserva, sacarose e polissacarídeos complexos representando as principais reservas da semente. A última fase da maturação é caracterizada pela desidratação do endosperma e pela mudança de cor do pericarpo (MARRACCINI e CASTRO, 2006).

No decorrer do desenvolvimento e maturação dos frutos, os teores dos constituintes químicos sofrem grandes variações, até atingirem níveis ideais, característicos do grão de café maduro. O processo de maturação do café, segundo CARVALHO e CHALFOUN (1985) inicia-se com o aumento da atividade respiratória e com a síntese de etileno. Ele é acompanhado do metabolismo de açúcares e ácidos, degradação da clorofila e síntese de pigmentos responsáveis pela mudança na coloração da casca, que passa de verde à vermelho cereja ou amarela, além do decréscimo de adstringência e síntese de compostos voláteis, como aldeídos, ésteres, cetonas e álcoois, que caracterizam o aroma do fruto maduro. Ocorre também aumento de volume do pericarpo e adensamento do endocarpo, assim como a deposição de matéria seca, o que ocasiona acréscimo no peso e no tamanho dos frutos (RENA e MAESTRI, 1986). Para CARVALHO JÚNIOR (2002), após o amadurecimento total, os frutos entram num período de senescência, com escurecimento da casca e polpa, transformando-se em “passas” e “bóias”, em razão de oxidação dos pigmentos e secagem. Nesse período, pode ocorrer fermentação e até mesmo podridões com produção de álcoois e ácidos indesejáveis, afetando posteriormente a qualidade dos grãos beneficiados.

Segundo BORÉM *et al.*, (2006) o cafeeiro, por possuir mais de uma floração, caracteriza-se por apresentar, em uma mesma planta e ao longo de toda a colheita, frutos em diferentes estádios de maturação. No início da colheita, predominam frutos verdes e cereja e no final, frutos secos. Se por um lado, nas colheitas tardias, os frutos secos podem ter sofrido alguma fermentação indesejável, nas colheitas antecipadas, os frutos verdes irão resultar em defeitos verde e verde-preto, depreciando o aspecto, o tipo e a bebida do café.

GARRUTI e GOMES (1961), pesquisando a influência do estágio de maturação dos frutos, observaram que a bebida obtida a partir de frutos cereja foi classificada como mole, superior em qualidade aos frutos verdes e secos na árvore, que apresentaram bebida dura. Já os frutos secos colhidos no chão proporcionaram bebida rio. Para TEIXEIRA (1984), o café colhido verde apresenta aspecto e torração de pior qualidade, com conseqüente bebida inferior, comparando-se aos frutos maduros (cereja), além de apresentar peso e tamanho menor dos grãos.

#### **I.3.4. Colheita**

A escolha da época para a colheita é fundamental. Se os frutos não estiverem maduros, os grãos não estarão plenamente desenvolvidos ou amadurecidos em seu interior e não

amadurecerão após serem colhidos. Se os frutos estiverem maduros demais, os grãos estragaram e bastam poucos grãos estragados para que haja alteração no sabor da bebida.

TEIXEIRA (1979) citado por BORGES *et al.*, (2002) relacionou os seguintes cuidados na ocasião da colheita: deve ser iniciada quando a maioria dos frutos estiver maduro e antes que se inicie a queda de frutos secos; evitar a incidência de grãos ardidos e pretos, que são resultantes da permanência prolongada dos frutos na árvore; evitar ao máximo a colheita de grãos verdes; efetuar a separação dos frutos em vários estádios de maturação, com auxílio de separadores, evitando-se uma matéria-prima heterogênea.

Um café de qualidade, com aromas e sabores característicos é obtido quando se processa somente o café cereja. Isto se explica pelo fato de ser esta a fase correspondente ao ponto ideal de maturação dos frutos, no qual a casca, a polpa, e a semente encontram-se com composição química completa (VILELA, 1997). Segundo MENDES (2005), os frutos ainda verdes interferem na qualidade da bebida, sendo responsáveis pela presença de grãos defeituosos verdes-pretos e verdes ardidos, causando maior adstringência à bebida. Os grãos muito maduros sofrem fermentação com produção de álcoois e ácidos indesejáveis, ruptura da parede celular e escurecimento da casca, o que comprometem acentuadamente as características sensoriais da bebida.

No Brasil a colheita é feita predominantemente na forma de derrça no chão ou no pano, podendo ser feita manualmente ou mecanicamente. Para evitar que os frutos caiam no chão, panos são estendidos ao longo dos pés das árvores. Na colheita mecanizada, os equipamentos envolvem os pés de café e os frutos são derrubados por vibrações em contato com finas varetas flexíveis e vibratórias. Os frutos caídos não caem no chão e são recolhidos pela própria máquina em bandejas coletoras (PASCOAL, 1999).

Antes do início da colheita, deve-se fazer a limpeza e preparação do terreno em volta do cafeeiro para evitar a mistura dos cafés a serem drrçados ou caídos, com mato, as folhas e demais impurezas. Os frutos caídos no chão constituem os chamados cafés de varrição e devem ser conduzidos separadamente em toda a fase de preparo, pois em geral, são de qualidade inferior (TEIXEIRA, 1999).

### **I.3.5. Lavagem – Separação Hidráulica**

Esta etapa do processamento de café é imprescindível para obtenção de cafés de qualidade. A lavagem mecânica é um método utilizado com objetivo de remover o excesso de material estranho que acompanha os frutos de café que não foram retirados na pré-limpeza, além de separar os frutos (cafés verdes, cerejas e bóias). Segundo BÁRTHOLO e GUIMARÃES (1997), esta separação é feita pela diferença de densidade, dependendo do estágio de desenvolvimento, ou pela diferença nos teores de umidade (verde 60 a 70%, cereja 45 a 55%, passa 30 a 40% e coco 20 a 30%). Os frutos verdes e cerejas, mais pesados são separados dos frutos bóia que são mais leves. É importante que a lavagem ocorra no mesmo dia da colheita para evitar o desenvolvimento de microorganismos e que cafés previamente separados no lavador sejam secos em lotes separados, para obtenção de um produto mais uniforme de melhor aspecto e qualidade.

### **I.3.6. Processamento do Café**

O processamento é uma etapa importante da pós-colheita, fazendo com que ocorra a maior homogeneidade possível dos frutos evitando possíveis comprometimentos na qualidade da bebida. A escolha do método de processamento dependerá principalmente das condições de capitalização do produtor, das quantidades produzidas e do padrão desejado de qualidade CORADI (2006).

O café pode ser preparado de duas formas: por via seca e úmida. Na forma de preparo por via seca o fruto é seco na sua forma integral (com casca, polpa e mucilagem), dando origem aos cafés denominados coco ou de terreiro. Já o preparo por via úmida consiste na retirada da casca e mucilagem do fruto maduro (cereja), que são substratos propícios ao desenvolvimento de microorganismos que podem provocar a ocorrência de fermentações prejudiciais à qualidade da bebida (MALTA *et al.*, 2003).

Na forma de preparo por via úmida, originam-se os cafés despulpados, quando se remove a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação biológica; os descascados quando se remove apenas a casca e parte da mucilagem; e os desmucilados, quando a remoção da casca e da mucilagem é feita mecanicamente.

Cerca de 90% do café no Brasil são processados por via seca. Nesse processo a qualidade do café dependerá das condições climáticas durante o período da colheita, assim

como dos cuidados adotados nessa etapa e durante o preparo. Adotando todos os procedimentos corretos esse processamento pode proporcionar cafés especiais, com bom corpo e aroma, como acontece no cerrado brasileiro (VILLELA, 2002). Segundo SIQUEIRA *et al.*, (2003) esse tipo de processamento tem sido valorizado na comercialização por originar cafés com bebidas mais encorpadas, doces e com acidez moderada. Essas características são atribuídas a possível translocação de componente químico da polpa e da mucilagem para os grãos de café, porém ainda não há comprovação científica desse fenômeno.

### **I.3.7. Secagem**

Devido á alta umidade no momento da colheita (60% a 70% b.u), os frutos do café apresentam condições favoráveis as alterações deteriorativas, em decorrência da respiração, oxidações, fermentações e desenvolvimento de fungos , leveduras e bactérias. Sendo assim, para se obter um café de boa qualidade, minimizando os riscos de ocorrência de alterações indesejadas, faz-se o uso da secagem. Entre outros fatores a secagem é uma das mais importantes fases no processamento do café, tanto sob o aspecto de consumo de energia, quanto na influencia que esta operação tem sobre a qualidade final do produto (BORÉM e REINATO, 2006).

A secagem do pode ocorrer de duas formas: Através da secagem ao sol - em terreiros, ou através da secagem mecânica - em secadores. O período de secagem em terreiro varia de acordo com o clima, altitude da região e teor de umidade do fruto. Para um grande volume de produção, pode-se lançar mão do sistema misto de secagem, no qual o café fica no terreiro até completar a meia seca e depois a secagem é completada em secadores mecânicos.

Para a secagem realizada em terreiro, o café deve ser esparramado em camadas finas, com até 2,5 cm de espessura, e revolvido várias vezes ao dia. À medida que a secagem ocorre, o café deve ser esparramado em camadas mais espessas, sendo enleirado em leiras de 20 a 30cm de altura nas horas mais quentes do dia e amontoado e coberto no final da tarde (REVISTA CAFEICULTURA, 2007).

Nos secadores, geralmente cilindro rotativo horizontal, devem ser conduzidos lotes homogêneos levando em conta a época da colheita, o estágio de maturação e o teor de umidade para obtenção de um produto final uniforme. Segundo ANDRADE *et al.*, (2000) a secagem de café deve ser feita de maneira que a massa de grãos não seja submetida a altas temperaturas. TEIXEIRA *et al.*, (1977) trabalhando com diversos secadores concluíram que a

temperatura na massa de grãos de café não deve ultrapassar a 45°C. E para evitar danos ao produto, a temperatura do ar de secagem não deve ultrapassar 70°C. Temperaturas mais elevadas, por exemplo 85°C, são prejudiciais ao produto, uma vez que muitos grãos ficam super secos, enquanto outra parte não atinge o ponto de seca. Nessas condições, a uniformidade do produto torna-se muito difícil. É recomendável que a temperatura na massa de grãos não seja superior à recomendada, para que se possa ter um produto final de boa qualidade.

Após a secagem, o café deve ser armazenado em tulhas de madeira ou alvenaria, cobertas ou não. Esse processo deve se iniciar na propriedade, logo após a secagem, e é necessário para oferecer um período de repouso aos grãos havendo uma estabilização interna de seus componentes químicos e homogeneização do teor de água do produto. As tulhas devem estar em locais frescos, com temperatura máxima de 20°C e umidade relativa do ar de aproximada 65%. Essas condições garantem uma melhor conservação dos cafés, que mantêm suas características naturais e teores de umidade entre 11 a 12%. O período mínimo de permanência do café na tulha deve ser de 30 dias PASCOAL (1999); CORADI (2006).

### **I.3.8. Beneficiamento**

O beneficiamento aprimora a qualidade do café. Esta operação é mecanizada e o café passa por um processo de eliminação de impurezas (paus, folhas, terra, pedras, etc) e depois é submetido ao descascamento. É importante que o descascador esteja perfeitamente ajustado para completa remoção das partes secas sem que os grãos sejam danificados. Em seguida, os grãos são separados das cascas ou pergaminho para serem submetidos a classificação por tamanho (MENDES, 2005).

### **I.3.9. Classificação**

Após o beneficiamento o café está pronto para ser comercializado, porém como a qualidade dos grãos é bastante diversificada em função das diferentes condições de colheita e processamento, faz-se necessária uma classificação, na qual se baseará a definição dos preços de café, tanto no mercado interno como no externo. Para isto existem normas e padrões que classificam o café quanto aos defeitos/tipo e bebida.

Considera-se na classificação por defeitos o tamanho e o formato dos grãos, que são avaliados na passagem de uma amostra de 300 gramas de café em um jogo de peneiras, que possui peneiras de crivos redondos, para a separação dos grãos chatos, alternadas com peneiras de crivo alongado, que separam os grãos mocas conforme pelo a Instrução Normativa nº 08 de 2003 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003). A separação do café por peneira é bastante importante para garantir uma torração uniforme, pois, numa torração de grãos de diversos tamanhos “bica corrida”, os grãos menores torram mais rapidamente, havendo risco de carbonização e percepção de sabor e aroma queimado na bebida (MATIELLO, 1991).

Em 1929 foi reconhecida e adotada pelo Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio a utilização da tabela de Equivalência de Defeitos e de Classificação por tipo que compreende sete tipo de valores decrescente de 2 a 8. O café pode ser classificado nos tipos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, que representam, respectivamente, 4, 12, 28, 46, 86, 160 e 360 defeitos por amostra.

A Classificação por bebida é feita segundo o sabor e aroma que o café apresenta na prova de xícara, feita por profissionais treinados e experientes na atividade de degustar café. A prova consiste da experimentação de 7 infusões (7 xícaras) com 8 a 10 gramas de pó de café de torração clara, moagem grossa, escaldados em água mineral ou natural filtrada em ponto de primeira fervura. Por meio do aroma e sabor da bebida, o provador deve segundo a Instrução Normativa nº 08 de 2003 classificar o produto no grupo e subgrupo pré-estabelecidos (BRASIL, 2003).

### **I.3.10. Armazenamento**

Segundo VIEIRA *et al.*, (2001), aos cuidados tomados na pós-colheita do café devem se somar cuidados especiais na fase de armazenamento dos grãos beneficiados, uma vez que os mesmos estão sujeitos a alterações físicas e químicas que podem comprometer sua qualidade.

Apesar dos avanços tecnológicos dos últimos anos, a quase totalidade do café beneficiado no Brasil, é armazenada em sacos juta de 60 kg, dispostos em pilhas no armazém. Esse tipo de armazenagem possui vantagens e desvantagens em relação aos sistemas de armazenamento em silos a granel. Entretanto, apesar das desvantagens (grande volume, custo de operação), o armazenamento em sacaria permite a segregação de lotes, aspecto muito importante, considerando-se que o produto é avaliado, além de outros padrões de qualidade, pelo teste de xícara e também por procedência. Além disso, a facilidade de acesso aos lotes, de

circulação de ar sobre a sacaria, de inspeção e amostragem são fatores importantes a serem considerados durante o armazenamento do café em armazéns (EMBRAPA, 2006).

Segundo BARTHÓLO e GUIMARÃES (1997) o café, como todo grão, é um material higroscópico, cuja conservação é delicada, e deve ser realizada em condições bem controladas. Por isso o armazém não deve ser construído em locais onde haja acúmulo de ar frio, como em áreas de vales e baixadas. O piso deve ser impermeável, com boa circulação de ar e as portas e janelas bem localizadas, permitindo a iluminação suficiente, e que ajude a preservar as condições internas de umidade e temperatura.

Um dos problemas sérios do armazenamento é o branqueamento dos grãos. Esta descoloração tem origem nos diferentes pontos dos grãos e alastra-se por toda sua superfície, o que diminui acentuadamente o valor comercial do produto. BACCHI (1962); VIEIRA *et al.*; (2001) consideram as injúrias provocadas pelo beneficiamento mecânico e elevada temperatura utilizada no processo de secagem, como causa indireta do branqueamento, além do aumento da umidade relativa do ar durante o armazenamento, que em valores superiores a 80%, favorece à descoloração dos grãos.

### **I.3.11. Torração**

O processo de torração do café é um das etapas mais importantes para a formação da qualidade sensorial da bebida. A torração deve ser suficiente para que as reações de pirólise aconteçam. Segundo BOAS *et al.*, (2001) a pirólise é uma reação química na qual ocorrem simultaneamente degradação e síntese dos compostos responsáveis pelo desenvolvimento do sabor e aroma tão peculiares do café.

A torração provoca tanto mudanças físicas quanto químicas nos grãos de café. CARVALHO (1998) cita que dentre as mudanças físicas que ocorrem durante o processo de torração destacam-se aquelas que ocorrem na parede e no conteúdo celular do grão. ILLY e VIANI (1996) relatam haver um aumento na pressão interna causada pelo CO<sub>2</sub> formado, levando a expansão das células. A perda de água torna as membranas das células frágeis e quebradiças, facilitando o escapamento de gases e substâncias voláteis. Os óleos localizados no interior do grão são exudados para a periferia devido ao efeito da pressão interna. A densidade e o peso são reduzidos com a torração, sendo estes linearmente correlacionados com decréscimo da torração.

Segundo estes mesmos autores, as mudanças químicas provenientes da torração provocam alteração nos compostos orgânicos do grão cru gerando produtos, tais como: Caramelos, ácidos voláteis, carbonilas voláteis e sulfetos. Alguns mecanismos parcialmente elucidados que envolvem a formação do aroma e sabor do café são extremamente complexos. Estes envolvem as reações de Maillard ou não enzimática ou reações de escurecimento, degradação de Strecker, degradação de aminoácidos sulfurosos, hidroxiaminoácidos e prolina, degradação da trigonelina, açúcares, ácidos fenólicos, lipídeos e interação de produtos intermediários. A intensidade destas alterações dependerá do grau de torração.

Durante o processo, é possível observar alteração nos grãos a partir de 60°C, com o aparecimento de reação endotérmica. A partir de 100°C a água é evaporada e o grão começa a aumentar de volume, os compostos orgânicos começam a ser transformar e há mudanças de coloração. Entre 100 e 150°C há desprendimento da película prateada. A partir de 170 e 190°C formam-se os primeiros compostos aromáticos. De 180 a 200°C, ocorre intensificação das reações de degradação, condensação e caramelização. A cor castanha formada é devido as malanoidinas provenientes das reações de Maillard e caramelização. A partir de 230°C começa aparecer o óleo na superfície do grão (MAIER, 1981) citado por (SIQUEIRA, 2003).

De um modo geral, durante a torração convencional, a faixa de temperatura usada é de 200 à 230°C, com o tempo variando de 12 a 20 min. No entanto estes valores podem variar muito, dependendo do grau de torração desejado, do torrador utilizado, bem como a variedade do café, idade, umidade, entre outros (MENDES, 2005).

A torração pode ser clara (americana), expressa (média) e escura. A torração clara é mais usada para classificação do café quanto à qualidade da bebida, por permitir que as características sensoriais sejam efetivamente analisadas. A torração média foi adotada por ser mais apropriada para consumo. Já a torração escura é normalmente aplicada em cafés de pior qualidade, com objetivo de eliminar compostos aromáticos voláteis responsáveis por sabores e aromas indesejáveis.

#### **I.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABIC, Associação Brasileira das Indústrias de Café. <http://www.abic.com.br/scafehistoria.html>. Acesso em 12/2006.

ABIC, Associação Brasileira das Indústrias de Café. **Indicadores da indústria de café no Brasil. Desempenho da produção e consumo interno.** Período: Novembro/2006 a Outubro/2007. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estatisticas.html> Acesso em 11/2007.

ANDRADE, E. T de; FILHO, D. O.; VIEIRA, G. Potencial de conservação de energia no pré-processamento do café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.71-82, 2000.

ANJOS, V. D. A. de. **Estudo do acondicionamento de café torrado e moído em sistemas otimizados.** 2005 (Tese de Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BACCHI, O. O. Branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, vol.21, n.28, p.467-484, 1962.

BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário.** EPAMIG, Belo Horizonte, vol.18 n.187, p.32-42, 1997.

BELING, R. R. **Anuário Brasileiro do Café.** Santa Cruz do Sul, 2005. Ed. Gazeta Santa Cruz, 136p.

BOAS, B. M .V.; LICCIARDI, R.; MORAIS, A. R de.; CARVALHO, V, D. de. Seleção de extratores e tempo de extração para determinações de açúcares em café torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol.25, n.5, p.1169-1173, 2001.

BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R. Qualidade do café despulpado submetido a diferentes processos de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, MG, n.09, p.25-31, 2006.

BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R.; SILVA, P. J da.; FARIA, L.; F de.; Processamento e secagem dos frutos verdes do cafeeiro. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, MG, n.09, p.19-24, 2006.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n º8 de 11 junho de 2003. Disponível em: <http://www.ministerio.gov.com.br/instrução>. Acesso em: 06/2007.

CAIXETA, G. Z. T; Entendendo um pouco mais dos aspectos econômicos atuais da atividade cafeeira. **Circular Técnica**, Epamig, n.1, abril de 2007.

CARVALHO JÚNIOR, C de. **Efeito de sistema de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

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

CARVALHO, V. D. de. **Cafeicultura empresarial: Produtividade e Qualidade**. 1198. UFLA/FAEPE (Curso de Especialização Pós-Graduação “*Latu Sensu*” Ensino a Distância), 73p, Lavras, 1998.

CHAGAS, S. J. R. **Potencial da Região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais**.. 2003. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CORADI, P. C. **Alterações na qualidade do café cereja natural e despulpado submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006

CRIAR E PLANTAR. Disponível em:

<http://www.criareplantar.com.br/agricultura/cafe/cafe.php?tipoConteudo=texto&idConteudo=1261>.

Acesso em 06/2008

DEMARCHI, M. **Café: Aspectos econômicos**. Curitiba: SEAB, Departamento de Economia Rural, 2003.

GARRUTI, R. dos S.; GOMES, A. G. Influência do estágio de maturação sobre a qualidade do café do Vale do Paranaíba. **Bragantia**, Campinas, vol.20, n.44, p.989-995. 1961.

ILLY, A; VIANI. R. **Espresso coffee: The chemistry of quality**. San Diego: Academic Press, 1996, 253p.

KOBAYASHI, E, S., SAKAI, E., SILVA, E, A, da., PIRES, R, C, M. Condições ambientais e o manejo da irrigação influenciando a qualidade do café. **O Agrônomo**. Campinas, Vol. 59, n.1, 2007.

LINA, R.M.; SOUKI, G. Q.; MÁRIO, C.M.T.; BOAS, L.H.B.V. Fatores que afetam na decisão de compra de consumidores de cafés: Um estudo de influência do preço de acordo com as classes sociais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS. Uberaba. **Resumos...** Uberaba 2001, p.320-322.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. R. J. de.; OLIVEIRA, W. M. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, n.6, p.37-41, 2003.

MARTINS, D. R., CAMARGO, O. A. de., BATAGLIA, O. C. Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, vol.64, n.1, p.115-126, 2005.

MARRACCINI, P; CASTRO, D. R de. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, vol.18. n.1, p.175-199, 2006.

MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. Coleção do agricultor (Grãos). São Paulo: Globo, 1991.

MELO, B. de; BARTHOLO, G.F; MENDES, A.N.G.; S.M. Café: Variedades e cultivares. **Informe Agropecuário**. EPAMIG, Belo Horizonte, vol.19, n.193, p. 92-96, 1998.

MENDES, L.C. **Estudos para determinação das melhores formulações de blends de café arábica (*C.arabica*) com café robusta (*C. canephora Conilon*) para uso no setor de cafés torrados e moídos e de cafés espresso**. 2005. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005

NATIONAL COFFEE ASSOCIATION. All about coffe. Disponível em: <http://www.ncausa.org>. Acesso em 03/2007.

NOGUEIRA, R. M; DONZALES, S. M. L; SILVA, J. S.; Desenvolvimento de tecnologia de colheita e pós-colheita para a cafeicultura familiar. **Informe Agropecuário**. EPAMIG, Belo Horizonte, vol.26, p.102-116, 2005.

PALÁCIOS-CABRERA, A. H. **Prevenção da Ocratoxina A no café durante o transporte marítimo**. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

PASCOAL, L. N. Aroma de Café - **Guia prático para apreciadores de Café**. Editora Fundação Educar-Dpaschoal, 1999, 152p.

PEREIRA, S. P. **Cafés especiais: Iniciativa Brasileira e Tendência de Consumo**. Série documentos, n° 41. Belo Horizonte. EPAMIG, 2004, 80p.

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos á espera da secagem, na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2001. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PIMENTA, C. J. ; VILELA, E. R. Avaliação Química e qualitativa do café ( *Coffea arabica* L.) colhido sobre o pano e no chão, em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, MG, n.5, p.36-43, 2002.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In; SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO, 1., 1984, Poços de Calda. **Anais...** Piracicaba: Potafós, p.13-86, 1986.

REVISTA CAFEICULTURA. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br>. Acesso em: 06/2007.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore Agrícola e Comércio Ltda., 1996. 146p. Divisão Stoller do Brasil

SILVA, R. P. G. **Qualidade de grão café (*coffea arábica* L.) armazenado em coco, com diferentes níveis de umidade**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

SIQUEIRA, H. H de. **Análises físico-químicas, química e sensoriais de cafés de diferentes tipos de processamento durante a torração..** (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

TEIXEIRA, A. A.; NOGUEIRA, V.S.; ARRUDA, H.V. Estudo dos diversos equipamentos para secagem mecânica do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 5. Guarapari, ES: **IBC/GERCA**, p.234-241, 1977.

TEIXEIRA, A. A. Observações sobre várias características do café colhido verde e maduro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA ECAFEIRAS, 11., 1984. Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA/EMBRAPA, p.227-228, 1984.

TEIXEIRA, A. A. Noções Gerais sobre: A cultura, o preparo e a classificação do café. **Assicafé Assessoria e Consultoria agrícola S/C LTDA**. p.2-42, 1999.

TORRES, G. Qualidade: Fator determinante para uma cafeicultura moderna. **Informe Agropecuário**. Vol, 18, n.187, p.3, 1997.

VIEIRA, G.; SILVA, J, N. da.; VILELA, E, R.; SILVA, J, S. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo sem e com aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, vol.3, n.1, p.75-90, 2001.

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

VILLELA, T. C. **Qualidade do café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

## CAPÍTULO II

### MONITORAMENTO DAS ETAPAS PÓS-COLHEITA DE CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) COLHIDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

#### RESUMO

O monitoramento, que visa conhecer as características de um produto desde as etapas de produção até o seu consumo final, é uma prática rotineira e faz parte dos sistemas de gestão de qualidade da maioria dos países desenvolvidos. O Brasil, sendo exportador de produtos *commodities*, dentre eles o café, deve acompanhar esta tendência. Neste trabalho propõe-se a elaboração e utilização de um *check list*, no qual foram descritos os procedimentos utilizados no trato cultural da lavoura e nas etapas pós-colheita dos frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. Este trabalho teve como objetivo, fornecer aos produtores, compradores e acadêmicos, subsídios reais que possam servir de base para início de novos estudos, inter-relações entre as características de um produto e a sua área geográfica, tipo de processamento, etc, visando a produção de cafés de qualidade superior, tendência atual do mercado. Sabe-se que a padronização de produtos agrícolas é uma prática complicada e não é uma tarefa de um só estudo, porém a realização contínua de outros trabalhos científicos de monitoramento pode tornar em longo prazo esta prática uma realidade.

#### ABSTRACT

Monitoring the characteristics of the products during the stages of production until its final consumption is a routine practice and is part of the Quality Management Systems at most of the developed countries. Since Brazil is an exporter of commodities, such as coffee is, it must follow this tendency. The purpose of this work is utilizing a *check list* with the most common proceedings at the farming cultural management and at the different maturation stages of post-

harvested grains. It only intend to supply to the producers, buyers and academics, real subsidies to serve as a basis to the beginning of new studies, inter-relations between the characteristics of a product and its geographic area, kind of processing, willing for superior quality in coffee production, the new market tendency. It is known that standardization of agricultural products is a complicated subject and is not an issue of only one study, but the continued research to produce other scientific works can, in long terms, become this practice a reality.

## II.1. INTRODUÇÃO

O café um dos principais produtos agrícolas e segundo gerador de riquezas do planeta, perdendo apenas para o petróleo, é produzido em mais de 50 países, sendo o Brasil, Colômbia, México, Indonésia e Vietnã, responsáveis por cerca de 56% da produção mundial (ANJOS, 2005).

O café é um dos poucos produtos agrícolas é no Brasil, tem seu preço associado a parâmetros qualitativos, ganhando valor agregado com a melhoria da qualidade. A composição química dos grãos, determinada por fatores genéticos, ambientais e culturais, junto aos métodos adequados de colheita, processamento e armazenamento, são parâmetros considerados importantes, porque afetam diretamente a qualidade da bebida.

A acirrada concorrência internacional e pelo fato de o café em sua maioria ser exportado em grãos, com características de *commodity*, ou a granel sem diferenciação de marca, origem ou qualidade, exigiram desenvolver estratégias comerciais e mercadológicas para diferenciar o produto (CAIXETA, 2007). Foi-se o tempo em que a quantidade de café produzido no Brasil bastava para satisfazer economicamente todos os elos da cadeia. As exigências do consumidor mudaram e, cada vez mais, é preciso diferenciar o produto para concorrer no mercado globalizado. Com produções mundiais de café muito acima da demanda, ganha o produto que se diferencia dos demais. Os produtores estão descobrindo as vantagens de agregar valor ao café, num mercado segmentado pelo sabor de uma bebida superior ou de um modo de preparo diferenciado (EMBRAPA, 2004).

O mercado internacional, principalmente o europeu e norte-americano, tem-se sobressaído quanto à busca de bebidas de qualidade, certificadas e que possuam padrões de sabor e aroma. Esta padronização é complexa devido às variações climáticas entre uma safra e outra, mas pode se tornar possível através de um monitoramento contínuo e criterioso das etapas de produção do café, desde o plantio das sementes até a torração e moagem do grão, em conjunto com as análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do grão.

Sendo o Brasil, um país agroindustrial por excelência e primeiro exportador de café do mundo, cabe aos produtores e pesquisadores otimizar todas as etapas de produção do café e monitorar todas as atividades e processos que tenham relação com este nobre produto. Desta forma, será possível estabelecer parâmetros qualitativos para melhoria da qualidade dos grãos e conseqüentemente da bebida. Este trabalho de pesquisa propõe o monitoramento de todas as etapas de produção de café arábica, desde a colheita até o armazenamento dos grãos através

da elaboração e utilização de um *Check List*, que poderá contribuir no estabelecimento de procedimentos adequados para a produção de cafés de qualidade, produzidos a partir de grãos colhidos em diferentes estádios de maturação, além de fornecer aos produtores, compradores e acadêmicos, subsídios reais que possam servir de base para início de novos estudos e inter-relações entre as características de um produto e a suas condições de processamento.

## II.2. MATERIAIS E MÉTODOS

### II.2.1. Material

Durante o experimento foram analisados três lotes homogêneos de café arábica, colhidos em duas épocas diferentes do mesmo talhão. Na primeira época (07/2006) foi analisado um lote (L1) que depois de passado pelo lavador estava constituído por 90% de frutos cerejas e 10% de verdes. O segundo lote (L2) estava constituído por frutos 100% cereja, que foram selecionados a dedo a partir dos frutos previamente lavados do (L1). Após 45 dias (segunda época) foi colhido o terceiro lote (L3), que também depois de lavado continha 85% de frutos bóa, 10% de frutos cereja e 5% de frutos verdes.

#### *II.2.1.1. Localização do experimento e caracterização do trato cultural*

O experimento foi conduzido na Fazenda Cascata, localizada no estado de São Paulo, município de Altinópolis. A fazenda está a 983 metros de altitude, S 21°01'02.3" WO 47° 25'48.6". O cultivar estudado foi o Mundo Novo, IAC 379-19, safra 2006. O talhão selecionado representava uma área de 5.79 ha, com 3.125 plantas/ha, plantadas com espaçamentos de 4,0 X 0,50m, entre uma planta e outra.

O manejo da lavoura e tratos culturais foram feitos como base nas recomendações atualmente existentes para a cultura do café arábica no Estado de São Paulo.

A aplicação de calcário é feita em cobertura, de acordo com os resultados da análise de solo, visando elevar a saturação por bases para 50%. Complementarmente utiliza-se gesso junto com o calcário. As adubações são feitas de acordo com os resultados da análise de solo, considerando-se a produtividade esperada de acordo com as recomendações de adubação para a cultura do café no Estado de São Paulo (RAIJ *et al.*, 1996).

Com relação ao uso de fertilizantes e produtos fitossanitários foi utilizado o seguinte esquema:

- Fertilizantes: foram utilizados os seguintes fertilizantes (dose, produto e época):
    - 240 kg/ha de 20-05-20\*, 1ª quinzena de setembro de 2005;
    - 306 kg/ha de 20-00-20\*, 2ª quinzena de setembro de 2005;
    - 330 kg/ha de 20-00-20\*, 1ª quinzena de novembro de 2005;
    - 320 kg/ha de 20-00-20\*, 1ª quinzena de dezembro de 2005;
    - 343 kg/ha de 20-00-20\*, 1ª quinzena de março de 2006;
    - 287 kg/ha de nitrato de amônio, 1ª quinzena de janeiro de 2006;
    - 255 kg/ha de nitrato de amônio, 2ª quinzena de fevereiro de 2006;
- \*Concentração dos nutrientes K-P-N nos fertilizantes formulados.

A quantidade de nitrogênio contida em todos os fertilizantes aplicados totalizou cerca de 450 kg de N/ha, suficiente para uma produtividade esperada de 80 sacas/ha, segundo a tabela de recomendação de adubação do cafeeiro no Estado de São Paulo.

- Produtos fitossanitários: foram utilizados os seguintes fungicidas, inseticidas, herbicidas e adubos foliares (produto, dose e época):

#### 1. Fungicidas:

- Kocide + Manforte (1,25 + 1,25 kg/ha), 2ª quinzena de julho de 2005;
- Folicur + Rovral (0,5 + 0,5 kg/ha), 2ª quinzena de setembro de 2005 (pré-florada);
- Folicur + Rovral (0,5 + 0,5 kg/ha), 2ª quinzena de novembro de 2005 (pós-florada);
- Ópera (1,5 L/ha), 1ª quinzena de janeiro de 2006;
- Ópera (1,2 L/ha), 2ª quinzena de março de 2006;

#### 2. Inseticida de solo, inseticida foliar e acaricida:

- Actara WG (1,35 kg/ha), 1ª quinzena de novembro de 2006;
- Endossulfan 350 CE (2,0 L/ha), 1ª quinzena de janeiro de 2006;
- Endossulfan 350 CE (2,0 L/ha), 2ª quinzena de março de 2006;
- Thiovit (2,0 L/ha), 1ª quinzena de março de 2006;

### 3. Herbicidas pós-emergentes:

- Glifosato (2,0 L/ha) + ácido bórico (4,7 kg/ha), 1ª quinzena de fevereiro de 2006;
- Glifosato (2,0 L/ha) + ácido bórico (4,7 kg/ha), 2ª quinzena de maio de 2006;

### 4. Fertilizantes foliares:

- Viça Café (5 kg/ha), 2ª quinzena de outubro de 2005;
- Dacafé (2,0 L/ha), 1ª quinzena de janeiro de 2006;
- Dacafé (2,0 L/ha), 2ª quinzena de março de 2006.

## **II.2.2 Métodos**

### *II.2.2.1. Descrição das etapas pós-colheita*

Para facilitar o entendimento do trabalho, o processamento pós-colheita do café foi dividido em etapas, que receberam as seguintes denominações no caso dos lotes (L1) e (L2):

Terreiro 1 = 1º dia de secagem em terreiro

Terreiro 2 = 3º dia de secagem em terreiro

Terreiro 3 = 5º dia de secagem em terreiro

Terreiro 4 = 7º dia de secagem em terreiro

Início do Secador = Entrada dos grãos no secador rotativo, assim que estes foram retirados do Terreiro 4. Portanto, a etapa Início do Secador é igual a etapa Terreiro 4

Final do Secador = Início da Tulha, esta etapa está representada pela saída dos grãos do secador rotativo e imediato armazenamento em tulha

Meio da Tulha = Após repouso de 10 dias do café em coco na tulha

Final da Tulha = Início do armazenamento em galpão

Final do Armazenamento = Um mês após armazenamento do café em saco de juta no armazém da propriedade.

No caso do lote 3 colhido 45 dias após a primeira época a denominação das etapas sofreu alteração, devido à redução do tempo de secagem dos grãos no terreiro, já que estes apresentavam umidade inicial menor. Nesta época, não existe a etapa -Terreiro 4.

Terreiro 1 = 1º dia de secagem em terreiro

Terreiro 2 = 2º dia de secagem em terreiro

Terreiro 3 = 3º dia de secagem em terreiro

Início do Secador = Entrada dos grãos no secador rotativo, assim que estes foram retirados do Terreiro 3

Final do Secador = Início da Tulha

Meio da Tulha = Após repouso de 10 dias do café em coco na tulha

Final da Tulha = Início do armazenamento em galpão

Final do Armazenamento = Um mês após armazenamento do café em saco de juta no armazém da propriedade.

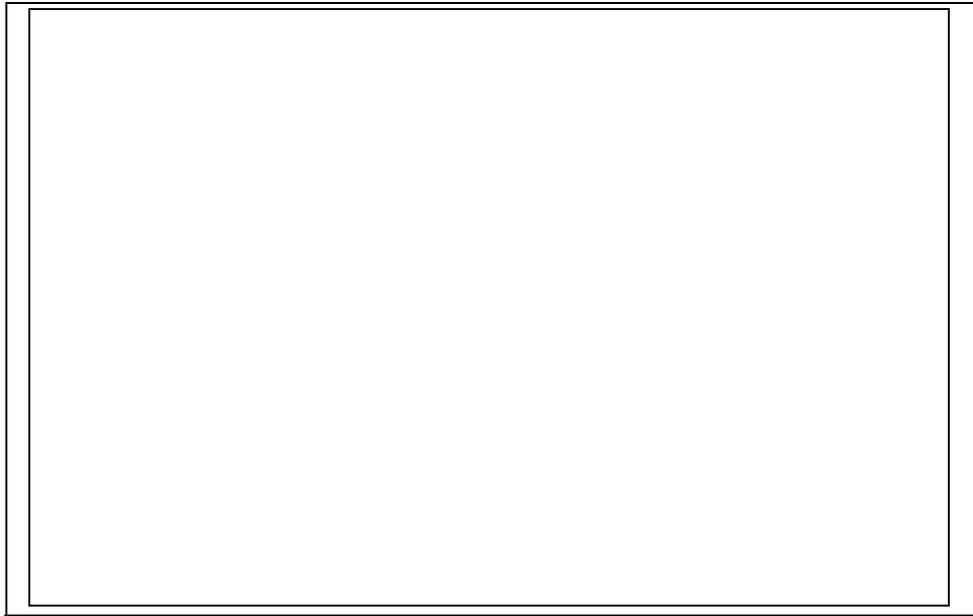
#### *II.2.2.2. Amostragem*

Na primeira época a colheita foi realizada no dia 04/07/2006, foram colhidos mais ou menos 30 toneladas cafés de 10.843 plantas, que representou os lotes L1 e L2. Na segunda época (45 dias após a primeira colheita, 20/08/2006) foi colhido o restante do café de 7.250 plantas, formando um lote de mais ou menos 25 toneladas, o qual representou o lote L3.

A colheita iniciou-se durante a madrugada e nas primeiras horas do dia os frutos já estavam sendo lavados e despejados sob o terreiro. A primeira amostragem dos três lotes foi realizada após a lavagem dos frutos e representou a etapa - Terreiro 1. Depois de lavados, os frutos previamente separados no lavador por diferença de densidade, foram transportados até o terreiro de concreto. Durante o tempo em que o café era despejado no terreiro (Figura 1) foram coletados durante 3 minutos, 25 litros de café que foram divididos em 5 sacos de polipropileno trançado, próprios para a secagem de grãos, no tamanho de 90 x 45 cm, segregando as amostras do restante do café produzido pela fazenda.

Este procedimento de amostragem foi repetido dez vezes para os lotes L1 e L3. No final do descarregamento do café no terreiro, cada um desses lotes estava representado por uma amostra homogênea de aproximadamente 250 L de café. Para o lote (L2), das 30 toneladas de

café colhidos na primeira época, lavados e despejados sob o terreiro foram selecionados manualmente aproximadamente 75 L de frutos cereja, que foram distribuídos em 15 sacos de polipropileno (5 litros por saco). Para a realização das análises físico-químicas de cada lote, foram retiradas amostras equivalentes a 0,3 litros de café, de cada saco, que foram muito bem homogeneizados e armazenados em freezer a temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 1:** Descarregamento do café no terreiro após lavagem

As amostras representativas dos lotes (L1, L2 e L3) agora com 4,7 litros de café em cada saco, foram colocados sobre o terreiro de concreto, tomando-se o devido cuidado para que dentro de cada saco se formasse uma fina camada de café (Figura 2). Durante dois dias (04 e 05/07), estes sacos não foram revolvidos. Logo no início da manhã do terceiro dia (06/07) os frutos contidos dentro de cada saco foram revirados e também de cada saco foi retirada uma amostra de aproximadamente 0,3 litros de café que foram homogeneizados e armazenados em freezer representando a etapa - Terreiro 2.

No final do terceiro dia (06/07) o café foi retirado dos sacos e colocado em um terreiro exclusivo para a secagem dos lotes. Neste terreiro os lotes foram conduzidos da seguinte forma: Ainda no dia (06/07) o café foi mexido uma única vez; no meio do dia 07/07 rodou-se o café no terreiro e logo depois foram feitas leiras de 3 cm de altura e 30 cm de distância entre elas, no final da tarde foi feita uma nova leira, com 6 cm de altura e 60 cm de distância. No dia

08/07, quinto dia, no período da manhã desfez-se as leiras e o café foi esparramado em camada fina sobre o terreiro, mais tarde foram feitas novas leiras de 3 cm de altura que tiveram seu sentido alterado durante três vezes ao dia, no final da tarde foi feita uma única leira de 12 cm de altura e 50 cm de distância. Neste dia foram coletados, de 20 pontos diferentes, aproximadamente 1L de café que foram misturados e representou a amostra referente à etapa - Terreiro 3. Destes 20 litros de café, foram retirados 6 litros de amostra para a realização das análises físico-químicas. Nos dois últimos dias, repetiu-se este mesmo processo de secagem.



**Figura 2:** Secagem do café sob terreiro em camada fina dentro dos sacos de polipropileno trançado

No dia 10/07, sétimo e último dia de secagem em terreiro, todo o café foi bem homogeneizado no terreiro antes de ser levado ao secador rotativo com capacidade para secagem de 180 sacas de 60 kilos. Nesta etapa, foram coletados 30 litros de café de cada lote, e destes 30 litros, foram retirados 6 litros para a realização das análises, referentes à etapa - Terreiro 4. O restante do café que ficou no terreiro foi colocado dentro de novos sacos de polipropileno trançado, de tamanho 40 x 35 cm, para que assim, os lotes não se misturassem ao café da propriedade, durante a secagem no secador. Trinta saquinhos de cada lote contendo 1,5 kg de café foram levados ao secador rotativo e colocados em diferentes pontos do secador. Depois de completo o tempo de secagem foram retirados, para as análises laboratoriais, 0,3

litros de amostra de cada saco, que foram homogeneizadas e armazenadas em freezer, representando assim a etapa – Final do Secador. O restante das amostras (que permaneceu dentro dos sacos) foi retirado do secador e amarrados a diferentes pontos da tulha, conforme Figura 3.



**Figura 3:** Café deixado para descanso em diferentes pontos da tulha

Após 10 dias de descanso em tulha, foram retiradas amostras de 300 gramas de cada saco que foram homogeneizadas, representando à etapa - Meio da Tulha. Depois de completado os 20 dias de armazenamento, a tulha foi esvaziada e de cada saquinho foram retirados outras amostras de 300 gramas, representando a etapa - Final da Tulha. Após o termino de descanso do café em coco em tulha de madeira, o mesmo foi beneficiado e armazenado em sacos de juta no armazém da própria fazenda, durante um mês. No final do armazenamento aproximadamente 3 quilos de café foram amostrados de diferentes pontos do saco, para a realização das análises físico-químicas da última etapa do processamento denominada - Final do Armazenamento, sendo o restante do café destinado para realização do processo de torração em laboratório.

### II.2.2.3. Check list

Para o monitoramento dos lotes foi utilizado um *check list*, desenvolvido com base em informações técnicas fornecidas pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC, para a produção de café de qualidade e em experiências vivenciadas por propriedades que estão à procura da padronização de seus produtos e já utilizam o monitoramento para melhoria da qualidade dos grãos.

## II.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo foi desenvolvido com propósito de caracterizar o processo utilizado para a produção dos cafés estudados neste trabalho e fornecer dados reais ao setor cafeeiro. Para isso foi aplicado um *check list*, como ferramenta do monitoramento, no qual se encontram descritos os dados das condições climáticas do local e os procedimentos utilizados no pós-colheita dos frutos colhidos em diferentes estádios de maturação, como mostra a planilha abaixo. Por se tratar apenas de um monitoramento, este capítulo não apresenta resultados nem dados conclusivos, ele apenas descreve o processo no qual o café foi produzido.

**Planilha 1: Check List**

<b>PLANTIO</b>		
Este café foi plantado em uma região com condições adequadas para produção de café arábica?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: O café foi produzido na Mogiana, região considerada própria para o cultivo de cafés especiais no estado de São Paulo, a.		
O solo da propriedade foi tratado da maneira adequada antes e durante o plantio?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Todo solo da propriedade recebeu tratamentos culturais adequados antes e durante o desenvolvimento dos frutos.		
São feitas análises periódicas do solo?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A fazenda realiza análises semestrais do solo.		

**Planilha 1: Check List - continuação**

<b>PLANTIO</b>		
Verificaram-se as condições climáticas do local durante a safra? Temperatura, umidade relativa do ar e o índice pluviométrico.	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: As condições climáticas do local durante o período da colheita meses de (julho e agosto), foram fornecidas pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO. O índice pluviométrico para os meses de julho e agosto foram de 0 e 23 mm, respectivamente, e a temperatura mínima e máxima registradas foram de 12,4 °C e 26,1 °C em julho e de 14,5 °C e 27,7 °C em agosto.		
O solo da propriedade foi tratado da maneira adequada antes e durante o plantio?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Todo solo da propriedade recebeu tratamentos culturais adequados antes e durante o desenvolvimento dos frutos.		
São feitas análises periódicas do solo?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A fazenda realiza análises semestrais do solo.		
<b>COLHEITA</b>		
Foi realizada colheita mecanizada?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A colheita foi realizada por colheitadeira mecânica, modelo K-3 APG (Advanced), série 2.000.		
Foram colocados panos embaixo dos cafezais durante a colheita?	Sim	Não
		<b>X</b>
Comentários: Para este tipo de colheita não se utilizam panos para colheita, uma vez que os frutos colhidos são recolhidos pela própria máquina.		
Os frutos foram colhidos no ponto certo de maturação?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Para este experimento teve-se o cuidado em selecionar um talhão que apresentasse um excelente ponto de maturação, ou seja, um talhão onde a maioria dos frutos estava no estágio cereja.		
Determinou-se a porcentagem de grãos, verdes, maduros e bóias?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Em uma proveta de 100 mL foram colocadas as amostras de café. Os frutos verdes foram retirados e novamente medidos em proveta. Essa medida foi considerada a porcentagem de grãos verdes. Esse procedimento também para os grãos bóias. Este procedimento foi repetido dez vezes e o resultado foi dado em função da média dos valores encontrados.		

**Planilha 1: Check List - continuação**

<b>COLHEITA</b>		
Foi feita a caracterização microbiológica dos frutos?	Sim	Não
		<b>X</b>
<b>FORMA DE TRANSPORTE ATÉ O BENEFICIAMENTO</b>		
O café foi transportado de forma adequada da lavoura até o local do processamento?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: O café foi transportado em carretas limpas da lavoura até o lavador, assim que os frutos eram colhidos.		
Este transporte foi feito de forma rápida e eficiente?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: O tempo de transporte dos frutos foi monitorado e tempo médio gasto entre a colheita e o transporte dos frutos até o lavador foi em média de 1 hora.		
Os grãos passaram pelo lavador?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Depois de colhido o café foi passado em lavador modelo LSC 20P, com capacidade de 20.000 litros/h, para remoção de impurezas e separação dos frutos.		
Verificou-se a condição higiênico-sanitária da água utilizada no processo?	Sim	Não
		<b>X</b>
Comentários: Não foram realizadas análises microbiológicas da água utilizada durante a lavagem, porém a fazenda evita reutilizar por muitas vezes a mesma água.		
<b>PREPARO PÓS-COLHEITA</b>		
Verificou-se o teor de umidade inicial dos frutos?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A análise do teor de umidade dos frutos foi realizada em todas as etapas pós-colheita, em tempo real na própria fazenda, conforme o método padrão internacional da ISO 6673.		
Foi feita a amostragem nesta etapa para a realização das análises físico-químicas?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A amostragem dos três lotes nesta etapa foi realizada conforme o que foi descrito no item //2.2.3, deste capítulo.		
<b>SECAGEM</b>		
O café foi seco pelo processo de seca ao sol?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: O café foi produzido através do processo de seca natural e teve seu processo de secagem iniciado sob o sol, até que os grãos atingissem umidade entre 25 e 20%.		

**Planilha 1: Check List - continuação**

<b>SECAGEM</b>		
Controlou-se o tempo e a temperatura de secagem?	Sim	Não
		<b>X</b>
Controlou-se somente tempo de secagem dos frutos em terreiro que no caso dos lotes L1 e L2 , durou sete dias e no caso do lote L3, três dias.		
Houve homogeneidade durante a secagem dos grãos?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Para garantir a homegeinidade do processo de secagem, teve-se o cuidado de formar uma camada fina de frutos sob o terreiro que não foram remexidos durante os dois primeiros dias de secagem (dia 04 e 05/07). Após estes dois dias, os lotes L1 e L2 foram conduzidos da seguinte forma: No terceiro dia (06/07) o café foi mexido uma única vez. No meio do dia 07/07 rodou-se o café no terreiro e logo depois foram feitas leiras de 3 cm de altura e 30 cm de distância, no final da tarde foi feita uma nova leira, com 6 cm de altura e 60 cm de distância. No dia 08/07 no período da manhã desfez-se as leiras e o café foi esparramado em camada fina sob o terreiro, mais tarde foram feitas novas leiras de 3 cm de altura que tiveram seu sentido mudado 3 vezes durante o dia e no final da tarde foi feita uma única leira de 12 cm de altura e 50 cm de distância. Até o final da secagem este procedimento foi repetido. Para a secagem do Lote 3 fez-se uma fina camada de frutos sobre o terreiro que submetido aos mesmos procedimentos realizados nos Lotes L1 e L2 a partir do terceiro dia de secagem.		
Verificou-se o teor de umidade dos frutos durante a secagem em terreiro?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A análise do teor de umidade foi realizada em tempo real na própria fazenda, conforme o método padrão internacional da ISO 6673.		
Foi feita a amostragem nesta etapa para a realização das análises físico-químicas?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A amostragem dos três lotes nesta etapa foi realizada conforme o que foi descrito no item //.2.2.3, deste capítulo.		
O café também foi submetido à secagem em secador rotativo?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Os frutos de café, quando atingiram um teor de umidade de aproximadamente 20% em terreiro foram conduzidos para o secador rotativo.		
Houve controle das condições de secagem dentro do secador rotativo?	Sim	Não
	<b>X</b>	

**Planilha 1: Check List – continuação**

<b>SECAGEM</b>		
Comentários: No secador rotativo a saída de ar nas 4 primeiras horas de secagem variou de 35 a 38°C e a temperatura da massa variou entre 25 a 27°C, depois de 4 horas, a temperatura da saída de ar passou para 40 a 45°C. Uma hora depois, a uma pequena quantidade de café foi retirada do secador pra que se fizesse a leitura de umidade do grão, quando o teor de umidade estava entre 17 e 16% a temperatura foi aumentada para 50 a 60°C até que o teor de umidade ficasse próximo a 14,5%, neste ponto temperatura da massa estava entre 35 a 38°C. Este procedimento está de acordo com os procedimentos adequados de secagem mecânica, uma vez que a temperatura de entrada do ar no secador não deve ultrapassar 60 °C e a temperatura da massa 40 °C.		
O café depois de completamente seco, foi armazenado em tulha?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Do secador o café em coco foi levado através de uma esteira até uma tulha de madeira, onde permaneceu em descanso por 20 dias, nesta etapa o café atingiu a umidade final de 12 a 11,5%.		
<b>BENEFICIAMENTO</b>		
Os grãos foram beneficiados em equipamento adequado?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Os grãos em coco, após 20 dias de armazenamento em tulha, foram beneficiados em máquina beneficiadora marca Pinhalense, modelo CON.8, ano 2.000, capacidade 20 sacas/hora.		
Verificou-se o teor de umidade dos grãos após o beneficiamento?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A análise do teor de umidade dos grãos foi realizada em tempo real na própria fazenda, conforme o método padrão internacional da ISO 6673.		
Foi feita a amostragem nesta etapa para a realização das análises físico-químicas?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A amostragem dos três lotes nesta etapa foi realizada conforme o que foi descrito no item //2.2.3, deste capítulo.		
Houve classificação dos grãos por tamanho?	Sim	Não
		<b>x</b>
Comentários: Durante o beneficiamento trabalhou-se com bica corrida		
Houve a classificação dos defeitos do grão?	Sim	Não
		<b>X</b>
Comentários:		

**Planilha 1: Check List - continuação**

<b>BENEFICIAMENTO</b>		
Realizou-se análise microbiológica do grão?	Sim	Não
		<b>X</b>
Comentários:		
As instalações de beneficiamento, áreas de armazenamento, e de embalagens são mantidas limpas de forma a evitar contaminação de pragas?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A fazenda realiza os procedimentos recomendados de boas práticas higiênico sanitárias para a produção de café		
<b>TORRAÇÃO</b>		
Houve determinação de umidade após a torração?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A análise do teor de umidade nos grãos torrados foi realizada em estufa a vácuo, conforme o método 968.98 da AOAC 1990.		
Os grãos foram torrados em equipamento apropriado?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: A torração foi realizada no ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos. Os três lotes de café arábica foram torrados separadamente em um torrador de tambor rotativo, elétrico, da marca Pinhalense modelo Tp.2, capacidade de 200g por tambor, ano 1999.		
As amostras torradas sofreram classificação conforme o tipo de torra?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Todas as amostras torradas foram classificadas por meio do sistema Agtron/ SCAA Roast Classification Color Disk como torra clara.		
Houve um controle de tempo e temperatura de torração?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: 180 gramas dos grãos foram torrados a 218°C e o tempo de torração previamente monitorado teve média de 15 minutos.		
O café depois de torrado foi mantido em embalagem adequada?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Após a torração os cafés foram armazenados em embalagem laminada a vácuo, uma parte da amostra de cada lote foi encaminhada diretamente para o laboratório de Análise Sensorial e a outra parte foi armazenada em freezer até a realização das análises físico-químicas.		

**Planilha 1: Check List - continuação**

<b>CLASSIFICAÇÃO DA BEBIDA</b>		
Foi realizada a classificação por tipo nos grãos?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Esta classificação foi realizada em duas distintas cooperativas e um armazém da região e está descrita no item V.6.1 do capítulo V.		
Foi realizada análise sensorial para classificação da bebida?	Sim	Não
	<b>X</b>	
Comentários: Nos três lotes foi realizada a classificação das três bebidas através do método convencional utilizado pelas cooperativas, prova de xícara, através de um método mais completo, o ADQ, e também através do método da língua eletrônica. A classificação das bebidas e as metodologias citadas serão detalhadas no capítulo V.		

**II.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANJOS, V. D. A. de. **Estudo do acondicionamento de café torrado e moído em sistemas otimizados**. 2005. (Tese de Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

CAIXETA, G. Z. T; Entendendo um pouco mais dos aspectos econômicos atuais da atividade cafeeira. **Circular Técnica**, EPAMIG, n. 1, abril de 2007.

EMBRAPA. **Consórcio brasileiro de pesquisa e desenvolvimento do café**. D.F, 207, 148p.

RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed., Campinas, Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 1996, 285p.

## CAPÍTULO III

### MONITORAMENTO DE PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DURANTE AS ETAPAS PÓS-COLHEITA DE CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) COLHIDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

#### RESUMO

A composição química do grão do café é responsável pelas características qualitativas da bebida, sendo precursora dos compostos que conferem o sabor e aroma do café pelo processo de torração. Os constituintes químicos sofrem algumas variações no decorrer do desenvolvimento e maturação dos grãos, diminuindo ou aumentando até atingirem níveis ideais característicos do grão do café. Vários trabalhos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos na tentativa de relacionar os componentes químicos e físico-químicos do grão com a qualidade da bebida. Neste estudo, durante o monitoramento das etapas pós-colheita (secagem em terreiro e secador rotativo, armazenamento em tulha e armazém) em cafés colhidos em diferentes estádios de maturação, foram avaliados componentes físico-químicos considerados de suma importância para qualidade sensorial da bebida: umidade, acidez titulável, pH, sólidos solúveis totais, proteínas e lipídeos. As mais drásticas alterações nos teores dos compostos avaliados durante o processamento ocorreram durante a secagem dos frutos em terreiro. Ao decorrer de todas as etapas estudadas os teores de umidade e proteína diminuíram enquanto os sólidos solúveis totais e o pH aumentaram gradativamente. Já os lipídeos e a acidez titulável apresentaram-se instáveis durante o processamento. Após a torração foram observadas alterações em todos os parâmetros avaliados. Com relação à influência do estágio de maturação na composição química dos grãos, para a maioria das variáveis analisadas, com exceção do pH, o lote 3, representado por 85% de fruto bóa, 10% de cereja e 5% de verde, apresentou diferença significativa dos lotes 1 (frutos 90% cereja e 10% de verde) e 2 (frutos 100% cereja), indicando haver diferença na composição química entre os frutos colhidos no

estádio cereja para os colhidos em sua maioria no estágio bóia, não havendo interferência dos 10% de frutos verdes presentes no lote 1.

## **ABSTRACT**

The chemical composition of coffee grain is responsible for the qualitative characteristics of the drink, since it is a precursor of the compounds that confer the coffee flavor through the process of torrefaction. The constituents chemical suffer some variation in the course of grain development and maturation, decreasing and/ or increasing until they reach ideal levels characteristics of coffee grain. Several researches are being developed attempting to correlate the chemical and physical-chemical compounds of the grain to the quality of the drink. In this study, during the monitoring of the post-harvested stages (dry on brick yard, rotative drier, storage in warehouse or granary) in coffee harvested at different stages of maturation, physical-chemical compounds were evaluated considered of extreme importance for sensorial quality of the drink, as follows: moisture, titration acid, pH, total soluble solids, protein and lipids. The most drastic alterations at the levels of the evaluated compounds during the processing occurred during the dry section of the fruits at the brick yard. In all studied stages the levels of moisture and protein decreased, whilst the total soluble solids and pH increased gradually. In the case of lipids and titration acid, they presented themselves unstable in the course of the process. After the torrefaction, some alterations were observed in all evaluated parameters. The relation between maturation stage and chemical composition of the grain, for the majority of the analyzed variables, with exception of pH, the lot 3 (85% of float fruit + 10% of cherry + 5% green), presented significant difference from lot 1 (90% cherry + 10% green) and lot 2 (100% cherry), indicating that it should have differences at the chemical composition between the fruits harvested at the stage cherry and the ones at the stage float, although there was no difference when the lot had 10% of green, as presented in lot 1.

### III.1. INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas mundialmente e a sua importância econômica tem incentivado vários estudos, principalmente no que se refere à composição química do grão e qualidade da bebida. Segundo PADUA (2002) a composição química do grão é responsável pelas características qualitativas da bebida, sendo precursora dos compostos que conferem o sabor e o aroma do café pelo processo de torração.

O sabor e o aroma da bebida são altamente complexos, resultantes da presença combinada de diversos constituintes químicos voláteis e não voláteis, destacando-se entre eles os ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos, entre outros (SARRAZIN *et al.*, 2000).

Segundo CARVALHO *et al.*, (1997) os teores destes constituintes sofrem variações com o decorrer do desenvolvimento e maturação dos grãos, decrescendo e/ou aumentando até atingirem níveis ideais característicos do grão de café. PIMENTA (1995) ressalta que o café deve ser colhido em seu ponto ideal de maturação (cereja), pois quando colhido verde ou seco na planta, pode ocasionar incidência de grãos verdes, ardidos e pretos, resultando nos piores defeitos para a qualidade do café.

Alguns componentes químicos do grão beneficiado têm demonstrado relação com a qualidade do café. Sabe-se que os polissacarídeos e outras grandes moléculas são importantes na retenção de compostos voláteis e na viscosidade da bebida (PINTO *et al.*, 1999). Para SIVETZ e DESROISIER (1979) as proteínas são precursoras da maioria dos “flavors” característicos do café.

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 e condições climáticas durante a colheita e secagem (SIQUEIRA e ABREU, 2006).

Sabe-se também que o pH é indicativo de eventuais transformações dos frutos de café, como as fermentações indesejáveis que ocorrem na pré ou pós-colheita, originando defeitos na bebida. Segundo CARVALHO JÚNIOR *et al.*, (2003) uma maior quantidade de sólidos solúveis é desejável pela sua contribuição em assegurar o corpo da bebida e os lipídeos atuam como uma peneira seletiva na retenção das substâncias aromáticas dos grãos de café, melhorando a qualidade do produto (AMORIM, 1978).

Segundo ILLY (2002) é durante a torrefação que se amplia a complexidade química do café. O aroma do café cru contém aproximadamente 250 espécies de moléculas voláteis diferentes, enquanto o do torrado possui mais de 800. Quando submetido ao aquecimento, a água residual dentro de cada célula é convertida em vapor, que promove várias reações químicas entre açúcares, proteínas, lipídeos e minerais contidos no seu interior. Sob temperatura alta, os açúcares se combinam com aminoácidos, peptídeos e proteínas, de acordo com um conhecido processo de caramelização, chamado reação de Maillard. Simultaneamente, uma vasta gama de moléculas aromáticas menores emerge e esses compostos voláteis dão ao café sua fragrância típica.

A qualidade é fundamental nas relações comerciais e exerce enorme influência sobre o preço dos produtos agrícolas. Entretanto, é um conceito complexo e difícil de ser mensurado, especialmente no caso do café. O genótipo, o meio ambiente e as práticas agrícolas influenciam a qualidade do café, mas o ponto mais crítico para a garantia de café com altos padrões de qualidade da bebida e aroma é o cuidado no processamento dos grãos (DINIZ, 2007).

O Brasil, como grande produtor, necessita conhecer a química do café. Um conhecimento mais profundo das transformações durante o processamento e de procedimentos que melhorem a qualidade do produto deverá colocar o País em posições mais favoráveis no mercado externo e ainda incentivar o consumo interno, já que esse consome cerca de 1/3 da produção.

Hoje já se sabe que a qualidade do café está fortemente relacionada aos processos bioquímicos que ocorrem nas sementes durante o processamento. Isso justifica a importância em investir em conhecimento técnico para entender melhor as mudanças metabólicas que ocorrem durante o processamento de café e que podem afetar a qualidade do produto.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a composição química dos grãos crus e torrados de café arábica, cultivar Mundo Novo, colhidos em três estádios de maturação e o comportamento de alguns compostos químicos ao longo do processamento pós-colheita, previamente monitorado, verificando como estes variam nas diversas etapas do processamento.

## III.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS

### III.2.1. Umidade

O grau de umidade representa a quantidade de água presente nos grãos e normalmente é expresso em porcentagem, sendo muito importante para que se possa determinar o valor do produto, pois o grão é comercializado de acordo com sua massa. Além disto, serve como indicador da qualidade de armazenamento, pois os grãos armazenados com umidade acima de 12% podem possibilitar o crescimento fúngico, favorecer a ocorrência de branqueamento dos grãos e produção de micotoxinas.

PALÁCIOS-CABRERA (2005) recomenda que o café beneficiado seja armazenado e transportado a uma umidade menor que 12% (b.u). TEIXEIRA (2002) ressalta que o teor de umidade igual ou acima de 12,5% (b.u) pode conferir um sabor de madeira ao café.

Segundo ILLY e VIANI (1996), espera-se que o teor de água no café torrado seja muito baixo, especialmente na torração escura, pois se sabe que na torração a água livre é perdida do grão. Cerca de 1% da umidade está presente no grão como água ligada, 4% como água fracamente ligada e o restante como água livre.

A umidade inicial de grãos crus parece não influir no teor de umidade dos grãos torrados, uma vez que o tempo de torração pode ser estabelecido de maneira a resultar em uma determinada perda de peso.

### III.2.2. Acidez Titulável

A acidez da bebida de café é uma das características utilizadas como suporte para a avaliação da qualidade. Sabe-se que as fermentações que ocorrem nos grãos por meio de rotas bioquímicas variadas induzem a produção de álcoois e ácidos, entre outros compostos. De acordo com COELHO e PEREIRA (2000), a fração ácida do café é constituída basicamente, por ácidos não voláteis (oxálico, málico, cítrico, tartárico e pirúvico) e por ácidos voláteis (acético, propiônico, valérico e butírico). Alguns desses ácidos, dependendo de suas concentrações, conferem sabor e odor desagradáveis à bebida do café.

Segundo MENDONÇA *et al.*, (2005) e PIMENTA e VILELA (2002) a intensidade de acidez da bebida varia predominantemente em função das condições climáticas durante a colheita e secagem, do local de origem, tipo de processamento, níveis de fermentação que

ocorrem nos grãos e também com os diferentes estádios de maturação dos mesmos, o que explica a diferença de qualidade de café de uma região para outra.

Os teores de acidez titulável total nos grãos de frutos colhidos em plantas em diferentes épocas, classificados como bebida dura, foram estudados por PIMENTA e VILELA (2002). Segundo estes, os maiores valores de acidez foram observados nos frutos obtidos pela colheita antecipada, devido à presença de maior quantidade de frutos verdes.

Cafés crus, previamente classificados como sendo de bebida estritamente mole, apenas mole, dura, riada e rio, tiveram acidez avaliada por CARVALHO *et al.*, (1994), os quais observaram uma diminuição da acidez com a melhoria da qualidade da bebida.

### **III.2.3. pH**

O pH do café tem sido correlacionado com a acidez perceptível, por isso tem sido estudado como forma de avaliação deste importante atributo sensorial. Ao mesmo tempo, pesquisadores sugerem que a acidez total é a que apresenta melhor correlação para determinar a acidez do café (VOILLEY *et al.*, 1981).

Segundo CARVALHO *et al.*, (1997) a acidez dos grãos de café beneficiado tem relação inversa com a qualidade do café. Estes autores detectaram maior acidez em cafés de pior qualidade.

A acidez tem um valor mais alto para o café torrado que no café verde. As variações de pH com a torração, segundo SIVETZ e DESROSIER (1979), podem ser de muita importância na aceitação do produto pelo consumidor e indicam que o pH ideal deve estar entre 4,95 a 5,20 tornando o café palatável, sem excesso de amargor ou acidez.

### **III.2.4. Sólidos Solúveis Totais**

Uma maior quantidade de sólidos solúveis é desejável, tanto do ponto de vista do rendimento industrial, como pela sua contribuição para assegurar o corpo da bebida (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2003). Sabe-se que existe variação no teor de sólidos solúveis entre diferentes espécies e cultivares, sendo interessante a utilização de cultivares que apresentem maior conteúdo dessa fração, proporcionando a obtenção da bebida de boa qualidade.

Os sólidos solúveis estão presentes no café, segundo dados apresentados pela Organização Internacional do Café OIC (1992) em teores de 27,48% em cafés estágio bóia; 30,72% no estágio verde; 29,56% no estágio cereja e 29,27% no café cereja despulpado.

A fração de sólidos solúveis de grãos torrados sofre variação conforme o tipo de café e o grau de torração, bem como pelo tipo de moagem. Segundo SIVETZ (1963) citado por LOPES (2000) a ruptura das células do grão de café aumenta a velocidade de extração e rendimento desses compostos, e torrações escuras aumentam em até 1% o teor dos sólidos solúveis devido à ressolubilização de celulose, carboidratos e desnaturação de proteínas.

### III.2.5. Proteínas

A determinação do teor protéico se baseia na quantidade de nitrogênio total, e pode limitar as interpretações por possibilitar a interferência de outros compostos nitrogenados, como cafeína, trigonelina, pigmentos e outros.

AMORIM e TEIXEIRA (1975) relatam que os piores cafés, em termos de qualidade de bebida, possuem menores teores de proteínas solúveis e menores teores de aminoácidos livres. No café, as proteínas estão livres no citoplasma ou ligadas ao polissacarídeo da parede celular.

O teor de proteína do café cru está entre 9 e 16% podendo variar de acordo com idade e variedade da planta, e também com o estágio de maturação dos frutos. Frutos verdes (imaturos) possuem maior teor protéico, o que possivelmente se deve à presença de alguns aminoácidos em maiores concentrações (PIMENTA, 1995). Grãos bóia, verde e cereja processados por via seca e cereja descascado dos cultivares Catuaí e Mundo Novo, foram avaliadas pela OIC (1992) e os resultados mostraram diferenças entre as cultivares e os estágios de maturação, tendo sido encontrados os maiores teores protéicos na cultivar Mundo Novo e nos frutos colhidos verdes.

Durante o processo de torração as proteínas são desnaturadas e degradadas em moléculas menores. Segundo TOCI *et al.*, (2006) algumas proteínas também reagem com carboidratos ou com compostos fenólicos. Os aminoácidos livres podem ser degradados durante a torrefação, ou combinados com outros componentes, gerando uma mistura de complexos voláteis e não voláteis. Muitos desses voláteis são de grande importância para o aroma e, conseqüentemente, para qualidade do café torrado.

Segundo ILLY e VIANI (1996), as proteínas são degradadas, proporcionalmente ao grau de torração, variando de 20% a 40% na torração média e 50% na torração escura, dependendo da composição inicial do grão, da espécie e da variedade.

Uma outra contribuição importante para o sabor do café ligada às substâncias protéicas, deve-se ao fato das partículas de proteínas se ligarem a substâncias graxas formando no café coado partículas coloidais responsáveis pela turbidez do mesmo (BARRIOS, 2001).

### III.2.6. Lipídeos

Os lipídeos são extraídos dos alimentos com auxílio de solventes orgânicos (hexano, éter etílico ou éter de petróleo). Além da fração lipídica, outras substâncias são arrastadas com o solvente, tais como pigmento, resinas, ceras e outras, porém em quantidades muito pequenas. Em produtos como café, em que estas concentrações se tornam maiores, a determinação é denominada “extrato etéreo” (COELHO, 2000).

Os lipídeos desempenham um importante papel na qualidade do café, particularmente em relação às propriedades organolépticas (aroma e sabor) que o tornam desejável. Segundo AMORIM (1978), os óleos do café atuam como uma peneira seletiva na retenção das substâncias aromáticas dos grãos de café, melhorando a qualidade do produto. A presença de maiores teores de lipídeos é característica dos melhores cafés, pois a degradação da estrutura da membrana aumenta a quantidade de ácidos graxos livres e diminui os insaponificáveis.

O óleo do café está localizado no citosol, sob forma de gotículas, e é distribuído para as células de toda semente, havendo uma distribuição mais intensa nos bordos externos das sementes nos cafés de qualidade superior. Durante a torração os lipídeos retêm parte dos compostos aromáticos formados, fazendo com que os bordos do grão de café, em que há maiores concentrações de lipídeos, apresentem maior retenção de aromas (AMORIM, 1978; GOULART *et al.*, 2007).

Os grãos de café arábica e robusta contêm diferentes níveis de lipídeos. O conteúdo lipídico encontrado no café arábica está em torno de 15%, mas níveis acima de 17% também já foram encontrados (ILLY e VIANI, 1998). Os lipídeos de grãos de café verde estão presentes, substancialmente, no endosperma e pequena quantidade de ceras encontra-se na camada externa do grão (LAGO, 2001).

A torração promove hidrólise dos lipídeos e a sua decomposição, com liberação de ácidos graxos livres e a formação de compostos voláteis. Com a torração escura é comum haver ruptura da estrutura celular, fazendo com que o óleo migre para a superfície, ficando susceptível ao oxigênio atmosférico (ILLY e VIANI, 1996).

### **III.3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **III.3.1. Caracterização e Localização do Experimento**

O experimento foi conduzido na Fazenda Cascata, localizada no município de Altinópolis, Estado de São Paulo, sendo utilizados cafés (*Coffea arabica* L.) do cultivar Mundo Novo. Durante o experimento foram analisados três lotes homogêneos de cafés, colhidos em duas épocas diferentes do mesmo talhão. Na primeira época (07/2006) foi analisado um lote (L1) que depois de passado pelo lavador ficou constituído por 90% de frutos cerejas e 10% de frutos verdes. O segundo lote (L2) estava representado por frutos 100% cereja, que foram selecionados manualmente a partir dos frutos previamente lavados do lote 1. Após 45 dias (segunda época) foi colhido o terceiro lote (L3), que depois de passado pelo lavado continha 85% de frutos bóa, 10% de frutos cereja e 5% de frutos verdes.

#### **III.3.2. Amostras Analisadas**

Café Cru: Grãos crus referentes ao monitoramento das etapas pós-colheita.

Café Torrado: Grão torrado e moído

#### **III.3.3. Descrição das Etapas Pós-Colheita Analisadas**

Para facilitar o entendimento do trabalho o processamento pós-colheita do café foi dividido em etapas, que receberam as seguintes denominações no caso dos lotes (L1) e (L2):

Terreiro 1 = 1º dia de secagem em terreiro

Terreiro 2 = 3º dia de secagem em terreiro

Terreiro 3 = 5º dia de secagem em terreiro

Terreiro 4 = 7º dia de secagem em terreiro

Início do Secador = Entrada dos grãos no secador rotativo, assim que eles foram retirados do Terreiro 4. Portanto, a etapa Início do Secador é igual a etapa Terreiro 4

Final do Secador = Início da Tulha, esta etapa está representada pela saída dos grãos do secador rotativo e imediato armazenamento em tulha

Meio da Tulha = Após repouso de 10 dias do café em coco na tulha

Final da Tulha = Início do armazenamento em galpão

Final do Armazenamento = Um mês após armazenamento do café em saco de juta no armazém da propriedade

No caso do lote (L3) colhido 45 dias após a primeira época a denominação das etapas sofreu alteração, devido à redução do tempo de secagem dos grãos no terreiro, já que estes apresentavam umidade inicial menor. Nesta época, não existe a etapa Terreiro 4.

Terreiro 1 = 1º dia de secagem em terreiro

Terreiro 2 = 2º dia de secagem em terreiro

Terreiro 3 = 3º dia de secagem em terreiro

Início do Secador = Entrada dos grãos no secador rotativo, assim que estes foram retirados do Terreiro 3

Final do Secador = Início da Tulha

Meio da tulha = Após repouso de 10 dias do café em coco na tulha

Final da tulha = Início do armazenamento em galpão

Final do armazenamento = Um mês após armazenamento do café em saco de juta no armazém da propriedade

#### **III.3.4. Preparo das Amostras**

Para os lotes L1 e L2 foram analisadas um total de nove amostras, sendo oito de café cru e uma de café torrado (torra clara). Para o lote 3 foram analisadas um total de oito amostras, sendo sete de café cru e uma de café torrado. É importante ressaltar que o lote 3 possui uma amostra a menos, devido ao seu menor tempo de secagem em terreiro.

As amostras denominadas como grãos crus, também incluem os frutos amostrados durante a secagem do café em terreiro. Depois de amostrados, os frutos referentes às etapas

de secagem em terreiro foram imediatamente congelados até o momento da análise, enquanto os frutos em coco referentes às etapas pós-secagem em terreiro, devido a dificuldade da retirada de sua casca para a realização das análises físico-químicas, foram primeiramente passados por um descascador mecânico e depois congelados.

A preparação das amostras em laboratório ocorreu da seguinte forma: Os frutos foram deixados à temperatura ambiente até seu descongelamento e então foram descascados manualmente para posteriormente serem secos em estufa a vácuo da marca TECNAL modelo TE-395 à temperatura de 65° C, e pressão de 55 mm Hg, até atingirem peso constante. Os grãos que já vieram descascados da fazenda também foram levados para estufa a vácuo nestas mesmas condições. Depois de secos, os grãos foram moídos em um moinho martelo de bancada da marca TECNAL, passados pela peneira de 60 mesh e armazenados em freezer a -10° C em sacos plásticos individuais devidamente identificados até o momento da análise.

As análises de proteína, lipídeos, acidez titulável, sólidos solúveis e pH foram realizadas no laboratório de Análises de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. As análises de umidade em amostras de café cru foram realizadas na própria fazenda. Todas as análises foram feitas em triplicata.

Para a realização da análise dos grãos torrados, as três amostras de café dos lotes L1, L2 e L3 foram torradas separadamente em um torrador de tambor rotativo de laboratório da marca Pinhalense com capacidade de 200g por tambor. O tempo de torração foi em média de 15 minutos e após a torração, os cafés foram moídos e passados pela peneira de 60 mesh, armazenados em embalagem laminada e embalado a vácuo.

### **III.3.5. Metodologia Analítica**

#### *III.3.5.1. Determinação do teor de umidade*

A determinação do teor de umidade foi realizada em frutos e grãos crus ao longo de todas as etapas pós-colheita e também nos grãos de café torrado.

As amostras para a determinação de umidade foram pesadas em balança analítica calibrada marca Metler Toledo, modelo AG 104. Todos os resultados de umidade foram expressas em base úmida (% b.u.).

A determinação de umidade em cafés crus foi realizada em estufa da marca Nova Ética, à  $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante  $16\text{ h} \pm 0,5\text{h}$ , conforme o método padrão internacional da ISO 6673 (1983). Já a umidade nos grãos torrados foi determinada em estufa a vácuo, à  $98^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , e pressão de 550 mm Hg até peso constante, segundo o método 968.98 da AOAC (1990).

O teor de umidade dos grãos crus foi determinado na própria fazenda em tempo real para que os resultados obtidos representassem de forma fiel o teor de umidade dos grãos. Os frutos referentes as etapas iniciais de secagem em terreiro foram levados a estufa sem casca.

#### *III.3.5.2. Determinação do teor de lipídeos*

Para a determinação de lipídeos foi utilizado o método de Soxhlet com hexano, durante 16 horas, seguindo-se de evaporação do solvente em evaporador rotativo, conforme a metodologia da AOAC (1990). Utilizaram-se aproximadamente 2 g de amostra previamente seca e moída. Para a extração foram adicionadas ao sistema aproximadamente 140 mL de hexano, que após as 16 horas de extração foram recuperados em um rotaevaporador. Após a recuperação do solvente, os balões foram colocados em estufa de ventilação forçada a  $100^{\circ}\text{C}$  para total eliminação do solvente. Os resultados foram expressos em porcentagem, em massa seca (% M.S).

#### *III.3.5.3. Determinação do teor de proteínas*

Para a determinação de proteínas foi utilizado o método de Kjeldahl AOAC (1997) no qual se determina o teor de nitrogênio total de origem orgânica. Utilizaram-se aproximadamente 0,2 g de amostra, pesadas diretamente sobre o tubo de Mikrokjeldahl, em balança analítica. O procedimento baseou-se na digestão da amostra com 4 mL de ácido sulfúrico e uma mistura catalizadora contendo 4% de sulfato de cobre e 96% de sulfato de potássio para acelerar a reação, em que todo o carbono e hidrogênio foram oxidados a gás carbônico e água. O nitrogênio da proteína foi reduzido e transformado em sulfato de amônia. Destilou-se a amostra digerida em meio básico por adição de hidróxido de sódio 40% para liberação de amônia. A amônia foi recolhida em solução de ácido bórico, formando borato de amônia, o qual foi quantificado por titulação com ácido clorídrico padronizado.

O resultado da quantidade de nitrogênio existente na amostra foi obtido através da titulação ácido base, na qual cada equivalente do ácido clorídrico (HCl) corresponde a um equivalente de base ((NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).

Para se calcular a porcentagem de proteína bruta, a partir da quantidade de nitrogênio orgânico existente nessa amostra foi utilizado o fator de conversão de porcentagem de nitrogênio em porcentagem de proteína que é de 6,25. Os resultados dessa análise foram expressos em porcentagem, em massa seca (% M.S).

#### III.3.5.4. Determinação do teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH

Conforme metodologia citada por MENDONÇA *et al.*, (2005) o extrato utilizado para determinar a acidez, o pH e os sólidos solúveis foi obtido a partir de 2 g de amostra pesados em balança analítica e posteriormente diluída em 50 mL de água destilada, sendo agitada em agitador mecânico por 1 hora a 150 rpm. O extrato foi filtrado em papel filtro qualitativo e uma alíquota de 5 mL foi tomada e diluída em 100 mL de água destilada. A acidez total foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1mol/L usando uma solução de fenolftaleína 1% como indicador no caso de grãos crus, e no caso de grãos torrados utilizou-se como indicador a timolftaleína 1% devido a dificuldade de observar o ponto de viragem. Os resultados foram expressos em mL de NaOH 0,1mol/L por 100 g de amostra. Para a análise de pH e sólidos solúveis, utilizou-se do mesmo extrato, o pH foi medido com pHmetro calibrado da marca Metler Toledo 320 e o teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro de bancada, tipo Abbe, modelo WAJ. Os resultados foram expressos em porcentagem, em massa seca (% M.S).

#### III.3.6. Análise Estatística

Para a realização deste estudo não foi realizado nenhum delineamento experimental. Foram utilizados três tratamentos (Lote 1, Lote 2 e Lote 3) e as análises realizadas para cada etapa estudada foram feitas em triplicada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, para comparação das médias, utilizou-se o teste de TUKEY a 5% de probabilidade, empregando-se o pacote computacional Statistical Analysis Systems (SAS), versão 6.0.

### III.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### III.4.1. Umidade

Os valores médios do teor de umidade dos grãos durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação dos lotes L1, L2 e L3 estão apresentados na Tabela 1.

Observou-se que houve diferença significativa no teor de umidade entre uma etapa e outra do processamento para os três lotes analisados. No lote (L1) o teor de umidade foi de 53,75% (b.u) no início do processamento (etapa-Terreiro1), chegando ao final do armazenamento com umidade de 8,88% (b.u). Já no lote (L2) este valor variou de 52,7% a 8,82% (b.u) e no lote (L3) de 20,68% a 9,07% (b.u).

**Tabela 1:** Valores médios do teor de umidade (% b. u.) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	53,8 ± 0,6 <b>aA*</b>	52,7 ± 0,3 <b>aA</b>	20,6 ± 0,9 <b>aB</b>
Terreiro 2 (T2)	47,9 ± 0,3 <b>bA</b>	45,6 ± 0,2 <b>bB</b>	14,6 ± 0,8 <b>bC</b>
Terreiro 3 (T3)	36,3 ± 0,6 <b>cA</b>	37,6 ± 0,1 <b>cA</b>	12,2 ± 0,7 <b>cB</b>
Terreiro 4 (T4)	27,6 ± 0,1 <b>d</b>	27,8 ± 0,4 <b>d</b>	
Após Secador	11,6 ± 0,2 <b>eA</b>	12,3 ± 0,2 <b>eB</b>	9,8 ± 0,1 <b>dC</b>
Meio da Tulha	10,5 ± 0,2 <b>fAB</b>	11,1 ± 0,8 <b>fA</b>	9,7 ± 0,1 <b>dB</b>
Final da Tulha	9,0 ± 0,4 <b>gA</b>	9,8 ± 0,1 <b>gA</b>	9,6 ± 0,5 <b>dA</b>
Final do Armazenamento	8,9 ± 0,1 <b>gA</b>	8,6 ± 0,1 <b>hB</b>	9,0 ± 0,1 <b>dA</b>
Torrado	1,0 ± 0,1 <b>hA</b>	0,6 ± 0,1 <b>iB</b>	0,7 ± 0,1 <b>eA</b>

\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

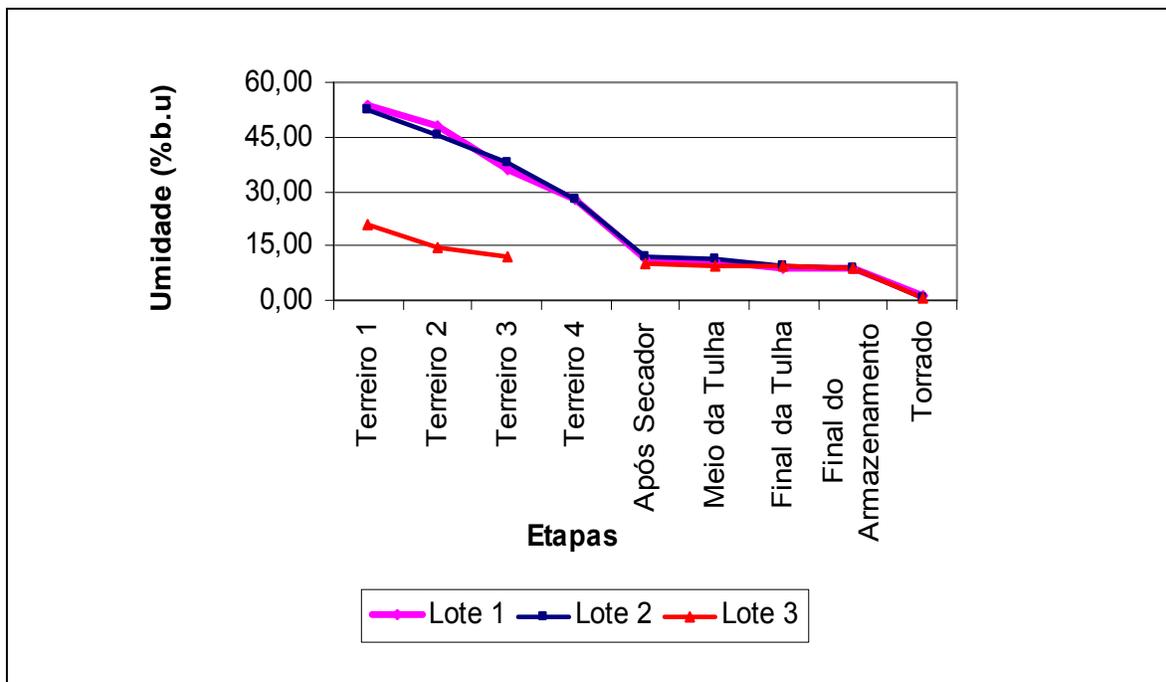
Os valores encontrados nas etapas finais do processamento (etapas - Final da Tulha e Final do Armazenamento) para os três lotes estão abaixo dos valores encontrados na literatura e dos valores recomendados pelo Ministério da Agricultura, segundo a Instrução Normativa nº 08 de 2003 (BRASIL, 2003). Dois fatores podem estar relacionados a este fato: a condução inadequada do processo de secagem, permitindo uma retirada excessiva de água do café; e ou a utilização de diferentes métodos e procedimentos empíricos para determinação de umidade

final. Comparando-se os valores encontrados através da metodologia realizada no presente trabalho com os valores obtidos através do método eletrônico de capacitância utilizados na fazenda Cascata para determinação de umidade das mesmas amostras, observou-se que os valores encontrados abaixo de 10% de umidade (b.u) pelo método do ISO 6673 são bem inferiores aos valores fornecidos pelo método de capacitância utilizados na fazenda. Trabalhos apresentados por PALÁCIOS-CABRERA e TANIWAKI (2003), relatam haver diferenças significativas no teor de umidade obtido por diferentes métodos e equipamentos e sugere ser viável fazer uma curva de correção para homologar os valores obtidos em metodologias de capacitância com os obtidos pelos métodos de estufa.

Na Figura 4, observa-se que durante todo o processamento o teor de umidade caiu gradativamente nos três lotes, principalmente nos primeiros dias de secagem em terreiro. Os lotes 1 e 2 apresentaram comportamento semelhante já que as amostras foram colhidas na mesma época, somente variando a porcentagem de frutos verdes presentes nas amostras em 10%. O lote 3 apresentou diferença significativa dos outros dois, o que já era de se esperar, uma vez que este lote iniciou seu processo de secagem na própria árvore e os frutos iniciaram seu processo de secagem em terreiro com uma redução de aproximadamente 38% de umidade com relação aos outros dois lotes. Esta permanência dos frutos na árvore por mais 45 dias após a primeira colheita (L3) foi importante para que o tempo de secagem no terreiro fosse reduzido em alguns dias, gerando assim uma economia de mão de obra e de energia durante a secagem em terreiro e em secador rotativo.

Os grãos torrados do lote 1 e 3 não apresentaram diferença significativa entre si, mas apresentaram diferença significativa do lote 2. Este fato pode ter ocorrido em função dos diferentes tempos de torra entre as amostras e devido ao menor teor de umidade do lote L2 após a etapa de armazenamento.

O teor de umidade decresceu com a torração, conforme era esperado. O valor de umidade encontrado para os grãos torrados nos três lotes, variou de 1,01% a 0,65%. A média de umidade prevista na literatura varia de 0,95% a 3% dependendo do tipo de torra realizada e da metodologia utilizada (SIQUEIRA, 2003; CLIFFORD, 1975; SABBAGH e YOKOMIZO, 1976 e FRANCA *et al.*, 2004). Os valores encontrados no presente trabalho estão um pouco a baixo dos valores citados na literatura, mas não existem relatos de que baixos valores de umidade em grãos torrados possam trazer algum tipo de depreciação à bebida.



**Figura 4:** Variação do teor de umidade durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

### III.4.2. Acidez Titulável

Na Tabela 2, estão expressos os valores médios de acidez titulável total durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação (L1, L2, L3). Observou-se que não houve diferença significativa a ( $p \leq 0,05$ ) entre a maioria das etapas estudadas.

Os valores encontrados no presente trabalho estão dentro da faixa dos encontrados por CHAGAS (2003) que avaliou o potencial da região sul de Minas para produção de cafés especiais e encontrou valores médios para grãos sem defeitos variando de 270 a 410 (mL de NaOH 0,1mol/L /100g) para os 22 municípios avaliados e por COELHO (2000) que em café de bebida estritamente mole encontrou um teor de acidez titulável de 260 (mL de NaOH 0,1mol/L por 100g).

Na Tabela 2, observa-se também que na etapa (Terreiro 1) os três lotes apresentaram diferença significativa entre si, sendo a menor média (206,7) encontrada para o lote 1 no qual a porcentagem de grãos verdes é maior. Este fato também foi observado por PIMENTA (1995) e pode ser explicado pela presença de frutos verdes neste lote, uma vez que, os grãos de frutos

verdes apresentam menor acidez por ainda não apresentar sua constituição química totalmente formada, levando a uma baixa constituição de ácidos.

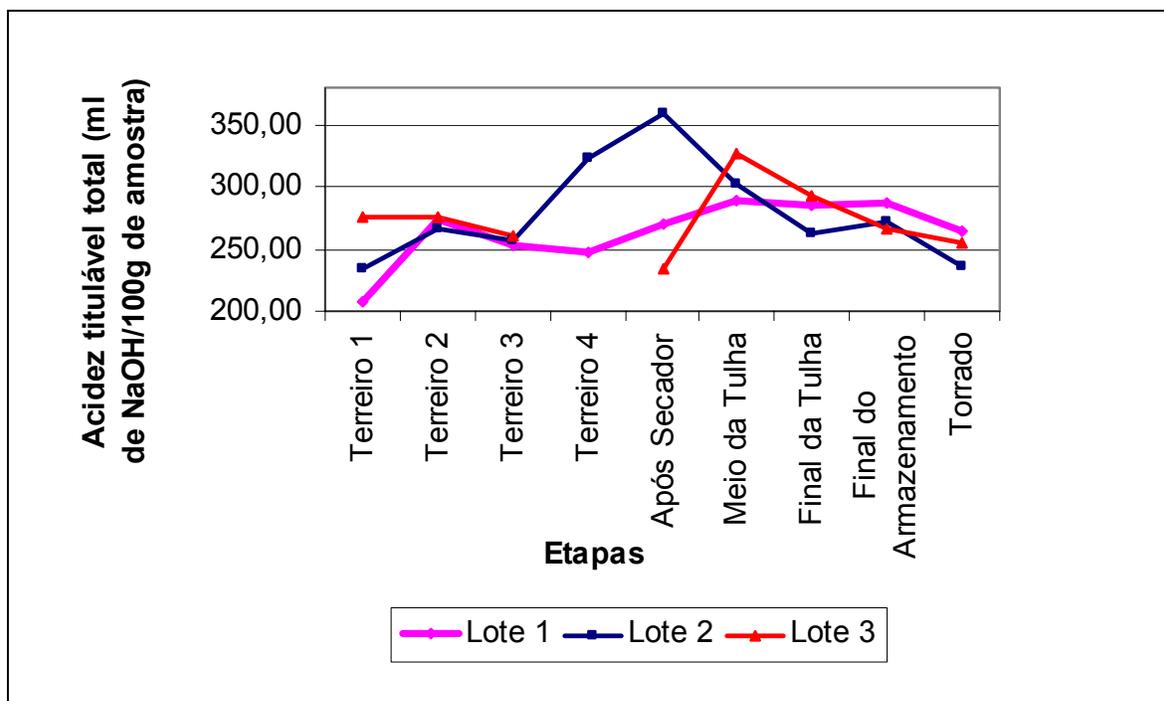
**Tabela 2:** Valores médios de acidez titulável total (mL de NaOH 0,1mol/L /100g de amostra) para os três diferentes lotes de cafés, durante o monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	207 ± 6 <b>bC*</b>	235 ± 3 <b>aB</b>	275 ± 5 <b>abA</b>
Terreiro 2 (T2)	267 ± 3 <b>aA</b>	273 ± 2 <b>bA</b>	275 ± 19 <b>abA</b>
Terreiro 3 (T3)	253 ± 6 <b>aA</b>	257 ± 4 <b>cA</b>	260 ± 30 <b>bA</b>
Terreiro 4 (T4)	247 ± 11 <b>b</b>	323 ± 6 <b>a</b>	
Após Secador	270 ± 20 <b>aB</b>	360 ± 4 <b>aB</b>	233 ± 30 <b>bA</b>
Meio da Tulha	288 ± 12 <b>aA</b>	302 ± 7 <b>bA</b>	327 ± 25 <b>aA</b>
Final da Tulha	285 ± 19 <b>aA</b>	261,7 ± 4 <b>bA</b>	293 ± 12 <b>abA</b>
Final do Armazenamento	287 ± 12 <b>aA</b>	271,7 ± 6 <b>bA</b>	267 ± 14 <b>abA</b>
Torrado	265 ± 5 <b>aA</b>	236,7 ± 8 <b>bA</b>	255 ± 19 <b>bA</b>

\* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

Os lotes que possuem uma porcentagem maior de grãos cereja e bóia, apresentaram uma acidez titulável mais elevada, o que também foi observado por PIMENTA *et al.*, (2000) e por CARVALHO JÚNIOR *et al.*, (2003). Tais resultados confirmam a contribuição de fermentações da mucilagem para o aumento da acidez. A maior acidez observada em frutos deste estágio de maturação pode ter ocorrido devido a presença de teores mais elevados de açúcares nas mucilagens dos grãos de frutos cereja e seco/bóia, visto que, durante o processo de secagem estes açúcares sofrem possíveis fermentação transformando-se em ácidos.

A Figura 5 ilustra uma variação dos valores encontrados entre uma etapa e outra, não existindo uma tendência significativa de queda ao aumento deste parâmetro ao longo do processamento pós-colheita. Este fator pode ser explicado por uma variação na concentração de ácidos orgânicos presentes nos frutos, que ao longo do processamento, podem estar sendo transformados em outros diferentes ácidos orgânicos através de reações metabólicas. Porém para confirmação desta hipótese seria necessária a realização de uma análise de ácidos orgânicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).



**Figura 5:** Variação do teor acidez titulável durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Para os grãos torrados observou-se uma queda no valor encontrado, comparando-se estes, aos grãos crus analisados após o armazenamento. Este fato pode ser explicado pela perda de ácidos orgânicos voláteis e não voláteis durante a torração. Segundo FERNANDES *et al.*, (2003) sabe-se que o incremento da acidez com a torração se deve á formação de ácidos; no entanto, a severidade da torração diminui a acidez da bebida por destruir ácidos clorogênicos que se encontram ligados a matriz do grão. A quantidade de ácidos carboxílicos do café torrado depende da variedade e espécie de café, que decresce com a torração e também com os métodos aplicados. A torração aumenta os ácidos voláteis, principalmente com a degradação dos carboidratos. A concentração dos ácidos voláteis chega ao máximo com a torração média e decresce com o aumento do grau de torração, devido a sua volatilização.

MENDONÇA *et al.*, (2005) e PINTO *et al.*, (2002), também observaram este tipo de comportamento quando avaliaram acidez titulável total entre grãos crus e torrados encontrando um percentual de redução de até 16% entre grãos crus e torrados.

### III. 4.3. pH

Na Tabela 3, estão expressos os valores médios de pH durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação (L1, L2, L3). Observou-se através do teste de TUKEY que não houve diferença significativa a ( $p \leq 0,05$ ) entre as etapas estudadas a partir do terreiro 4 e que somente algumas etapas iniciais de secagem em terreiro diferiram significativamente uma das outras para os lotes 2 e 3.

**Tabela 3:** Valores médios de pH para os três diferentes lotes de cafés, durante o monitoramento das etapas pós-colheita.

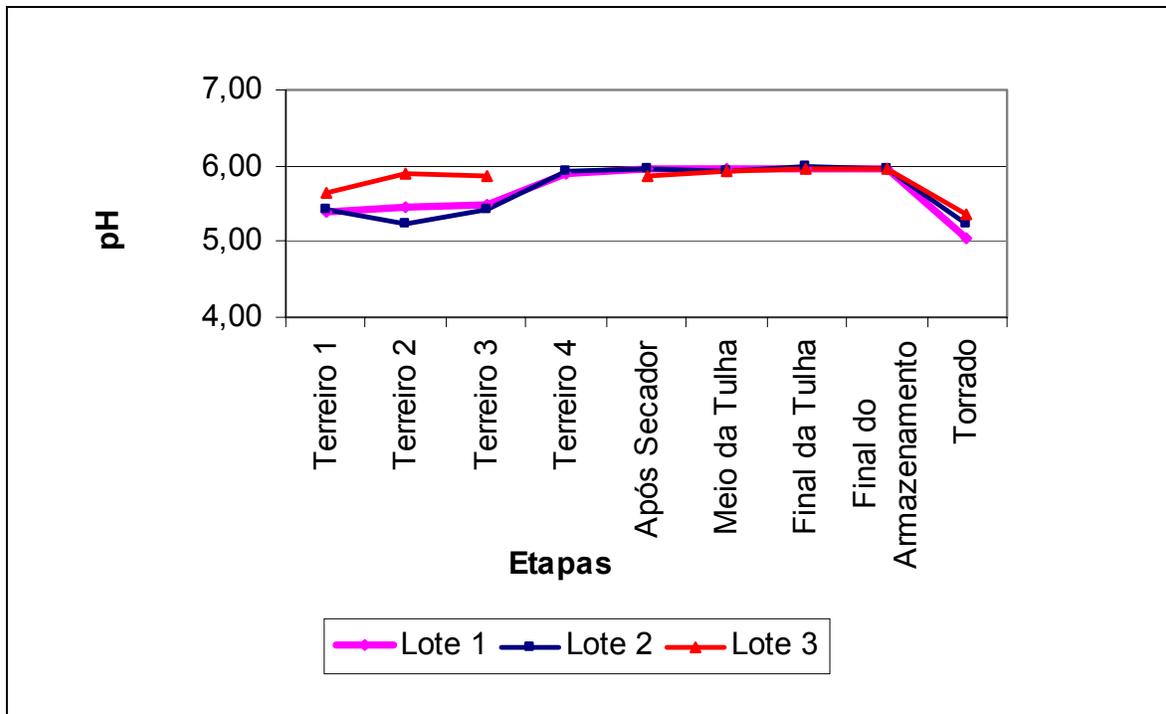
ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	5,40 ± 0,01 <b>bC*</b>	5,42 ± 0,02 <b>bB</b>	5,63 ± 0,06 <b>bA</b>
Terreiro 2 (T2)	5,44 ± 0,01 <b>bB</b>	5,22 ± 0,02 <b>cC</b>	5,89 ± 0,09 <b>aA</b>
Terreiro 3 (T3)	5,48 ± 0,06 <b>bB</b>	5,47 ± 0,04 <b>bB</b>	5,87 ± 0,03 <b>aA</b>
Terreiro 4 (T4)	5,90 ± 0,04 <b>a</b>	5,93 ± 0,02 <b>a</b>	
Após Secador	5,95 ± 0,01 <b>aA</b>	5,97 ± 0,02 <b>aA</b>	5,88 ± 0,04 <b>aB</b>
Meio da Tulha	5,97 ± 0,02 <b>aA</b>	5,93 ± 0,02 <b>aA</b>	5,93 ± 0,03 <b>aA</b>
Final da Tulha	5,97 ± 0,02 <b>aA</b>	5,98 ± 0,02 <b>aA</b>	5,97 ± 0,02 <b>aA</b>
Final do Armazenamento	5,95 ± 0,01 <b>aA</b>	5,94 ± 0,01 <b>aA</b>	5,96 ± 0,04 <b>aA</b>
Torrado	5,03 ± 0,04 <b>cC</b>	5,22 ± 0,02 <b>cB</b>	5,36 ± 0,08 <b>cA</b>

\* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores médios de pH para os grãos crus variaram entre 5,40 a 5,95 para os lotes 1 e 2, e entre 5,63 a 5,95 para o lote 3. Os valores encontrados nesse trabalho estão de acordo com o trabalho de BARRIOS (2001) e de COELHO (2000) que constataram valores médios de 5,93 para café bebida estritamente mole, e próximos aos valores de 5,20 a 5,80 encontrados por ILLY e VIANI (1996).

Conforme a Figura 6, o valor do pH apresentou variação em seus teores durante o início da secagem dos frutos no terreiro, para os três lotes. O que também foi observado por VILLELA (2002) que avaliou a variação do pH durante o processo de secagem. Este fato pode estar relacionado a possíveis processos fermentativos ocorrido durante o processo de secagem natural nos três diferentes lotes. Após a secagem em terreiros todos os lotes apresentaram

comportamento semelhante na variação do pH, se mantendo estáveis até o final do processamento.



**Figura 6:** Variação de pH durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Os valores de pH para grãos torrados encontrados pela OIC (1992) estão na faixa de 5,31 a 5,61. No presente trabalho, os valores de pH com a torração clara estão dentro da faixa proposta pela OIC (1992) para o lote 3 e um pouco a baixo para os lotes 1 e 2. Porém LOPES (2000) verificou valores na torração clara de 5,15 a 5,56 em diferentes cultivares de café arábica e PINTO *et al.*, (2002) encontrou valores de 5,18 a 5,41 para diferentes padrões de bebidas de café arábica, valores estes que estão de acordo com os encontrados no presente trabalho.

Segundo SIVETZ e DESROSIER (1979), as variações de pH com a torração podem ser de suma importância na aceitação do produto pelo consumidor e indicam que o pH ideal é de 4,95 a 5,20 para tornar o café palatável. Os resultados de pH do presente trabalho, quanto à torração clara, superou o pH ideal para o lote 3, podendo este café apresentar-se com ligeiro excesso de amargor ou acidez na avaliação sensorial.

### III.4.4. Sólidos Solúveis Totais

O resultado dos valores médios do teor de sólidos solúveis totais durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação (L1, L2, L3) estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que não houve diferença significativa a ( $p \leq 0,05$ ) entre a maioria das etapas estudadas.

**Tabela 4:** Valores médios de sólidos solúveis (% M.S.) para os três diferentes lotes de cafés, durante as etapas do processamento.

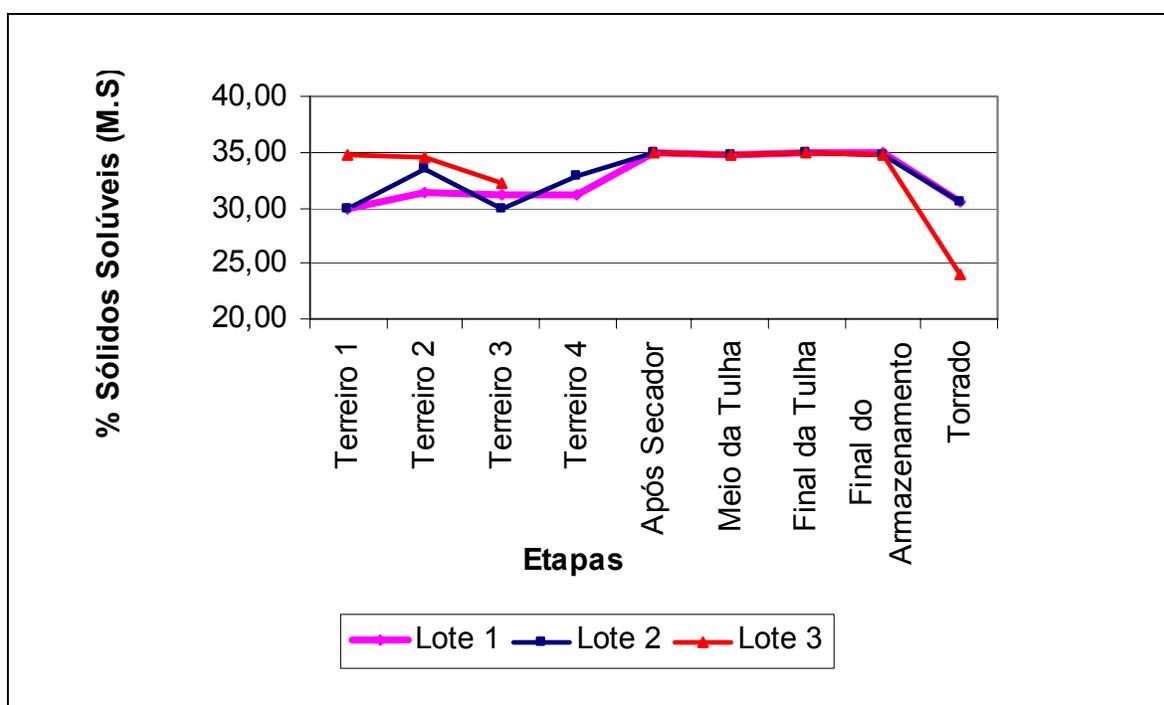
ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	29,9 ± 0,1 aB*	29,9 ± 0,2 cB	34,8 ± 0,1 abA
Terreiro 2 (T2)	31 ± 2 aA	34 ± 1 abA	34,6 ± 0,6 abA
Terreiro 3 (T3)	31 ± 3 aA	29,8 ± 0,1 cA	32 ± 3 bA
Terreiro 4 (T4)	31,2 ± 0,6 a	33 ± 1 b	
Após Secador	35,0 ± 0,1 aA	34,9 ± 0,06 aA	34,9 ± 0,2 abA
Meio da Tulha	34,8 ± 0,3 aA	34,7 ± 0,2 abA	34,8 ± 0,3 abA
Final da Tulha	34,8 ± 0,1 aA	34,9x ± 0,1 aA	34,9 ± 0,1 aA
Final do Armazenamento	34,9 ± 0,1 aA	34,8 ± 0,3 abA	34,8 ± 0,1 abA
Torrado	30 ± 4 aA	30,4 ± 0,7 cA	23,9 ± 0,03 cB

\* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

Com relação à diferença entre o estádio de maturação dos frutos, observou-se que não houve diferença significativa entre os lotes 1 e 2, mas que o lote 3 diferenciou-se significativamente destes dois somente no início da secagem dos frutos em terreiro. Os teores encontrados foram maiores para o café colhido na segunda época. Em um trabalho similar a este CARVALHO JÚNIOR (2002) atribuiu que estas diferenças podem ter sido causadas pela elevada porcentagem de frutos bóia neste lote.

PIMENTA *et al.*, (2000), analisando cafés de diferentes estádios de maturação, não detectaram diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis totais em cafés verdes, cereja e secos/passas. No entanto, CARVALHO JÚNIOR (2002) relata que para frutos em geral, é atribuída uma relação direta dos sólidos solúveis com ácidos e açúcares, além disso, os grãos de cafés possuem várias outras substâncias solúveis que podem influenciar esta variável.

Os grãos estudados têm valores elevados de sólido solúveis, comparados aos dados da literatura citados pela OIC (1992) que cita para a cultivar Mundo Novo valores de 28,97% a 32,67% e muito próximo aos valores encontrados por CARVALHO JÚNIOR *et al.*, (2003), que encontrou teores médios de sólidos solúveis de 33,61% para grãos de frutos cereja/verde e de 34,65% para bóia e ao teor de 33,44% encontrado por MENDONÇA *et al.*, (2005) em café da variedade Mundo Novo. Uma maior quantidade destes constituintes é desejável sob o ponto de vista do rendimento industrial e também por sua contribuição para assegurar o corpo da bebida, sendo interessante à utilização destes grãos na indústria.



**Figura 7:** Variação no teor de sólidos solúveis (%M.S) durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Com relação às modificações que ocorreram durante a torração, verificou-se um comportamento semelhante para os três lotes representado por uma diminuição na porcentagem do teor de sólidos solúveis, conforme Figura 7. O que pode ser explicado segundo SABAGHT e YOKOMIZO, (1976) e PINTO *et al.*, (2002), como uma consequência da perda de ácidos orgânicos e da volatilização de alguns açúcares no processo pirolítico de torração.

### III.4.5. Proteínas

O resultado dos valores médios do teor de proteína durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação (L1, L2, L3) estão apresentados na Tabela 5. Ao longo das etapas, os lotes 1 e 2 apresentaram comportamento semelhantes sendo que as etapas T1, T2 e T3 diferem significativamente a ( $p \leq 0,05\%$ ) de todas as outras etapas, que T4 não difere de T3 e que após a secagem em secador rotativo não existe diferença significativa entre os tratamentos.

O teor de proteína encontrado para os grãos amostrados após o período de secagem no terreiro (T4) estão dentro da ampla faixa citada na literatura consultada, que variam de 9,0% a 16% para o café cru (CHAGAS, 2003; PINTO *et al.*, 2002; BARRIOS, 2001; PIMENTA, 2001 e FERNANDES, 2003). Na literatura não foram encontrados altos valores como os apresentados no presente trabalho para as etapas (T1, T2 e T3) nos lotes 1 e 2. Estes altos teores podem estar possivelmente relacionados a outros compostos nitrogenados presentes na amostra, já que os grãos no início da secagem possuem uma composição química muito complexa e a metodologia utilizada para determinação de proteína avalia o teor de nitrogênio e não o teor de proteína bruta.

**Tabela 5:** Valores médios do teor de proteína (%M.S.) para os três diferentes lotes de cafés, durante o monitoramento das etapas pós-colheita.

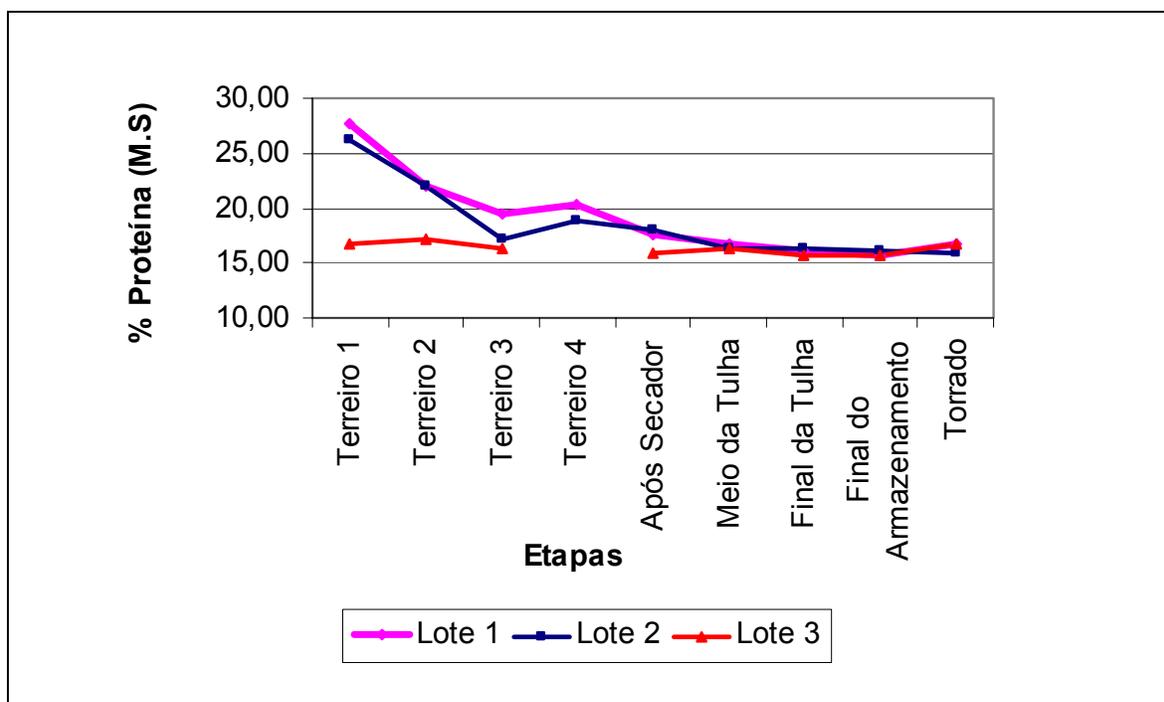
ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	27,7 ± 0,9 aA*	26,5 ± 0,9 aA	16,7 ± 0,1 abB
Terreiro 2 (T2)	22,0 ± 0,9 bA	22,0 ± 0,3 bA	17,2 ± 0,4 aB
Terreiro 3 (T3)	19,5 ± 0,3 cA	17,3 ± 0,8 cBC	16,4 ± 0,3 abC
Terreiro 4 (T4)	20,4 ± 0,3 c	18,9 ± 0,3 bc	
Após Secador	17,5 ± 0,4 dA	17,9 ± 0,6 cA	15,9 ± 0,2 bB
Meio da Tulha	16,8 ± 0,2 deA	16,5 ± 0,9 cA	16,2 ± 0,1 abA
Final da Tulha	16,1 ± 0,1 deA	16,4 ± 0,1 cA	15,7 ± 0,1 bA
Final do Armazenamento	15,8 ± 0,5 deA	16,2 ± 0,1 cA	15,7 ± 0,5 bA
Torrado	16,8 ± 0,5 eA	15,9 ± 0,4 cA	16,8 ± 0,9 abA

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ )

Com relação às diferenças existentes entre os lotes, observa-se também na Tabela 5 que, os lotes 1 e 2 não diferem entre si, mas diferem do lote 3 em quase todas as etapas e nas etapas finais (Final da Tulha e Final do Armazenamento) os três lotes não apresentaram diferença entre si. Porém a escassez de trabalhos sobre o teor de proteínas em grãos de diferentes estádios de maturação impede maiores comparações com os resultados obtidos.

Os resultados encontrados para o teor de proteína em grãos torrados estão próximos dos verificados por LOPES (2000), que avaliando cafés de diferentes cultivares, encontrou teores de proteínas total entre 11,36% a 14,56% em cafés torrados, e semelhantes aos valores encontrados por PÁDUA (2002), que estudando tipos de torração em diferentes padrões de bebida verificou que as proteínas variaram de 14,80% a 16,00% para os padrões de café arábica.

Segundo ILLY e VIANI (1996), as proteínas são degradadas com a torração, sendo que esta perda é dependente da composição inicial do grão cru, da espécie e da variedade. Porém os valores encontrados não apresentaram este tipo de comportamento para os lotes 1 e 3 nos quais os valores encontrados nos grãos torrados foram iguais aos dos grãos crus.



**Figura 8:** Variação no teor de proteína durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Conforme Figura 8, a variação no teor de proteínas ao longo do processamento pós-colheita, apresenta-se em linhas gerais de uma forma decrescente para o lote 1 e 2. Os valores médios encontrados tendem a cair durante todo processo de secagem, mantendo-se estáveis nas etapas finais, onde provavelmente os grãos já não sofrem drásticas alterações em sua composição química.

### III. 4.6. Lipídeos

A Tabela 6 apresenta os resultados dos valores médios do teor de lipídios durante as etapas de processamento pós-colheita de café, avaliados nos três diferentes estádios de maturação (L1, L2, L3). O teste de TUKEY demonstrou que ao longo das etapas pós-colheita os três lotes apresentaram-se com comportamento semelhante e a maioria das etapas diferiram significativamente entre si a ( $p \leq 0,05\%$ ).

Os valores relatados no presente trabalho encontram-se dentro da faixa (15 a 17%) para café arábica, citada por ILLY e VIANI (1998). MENDONÇA *et al.*, (2007) estudando a composição química de grãos de diferentes cultivares encontrou valores médios de 16,53% para a cultivar Mundo Novo. RAMALAKSHMI *et al.*, (2007) também encontrou teores de lipídios próximos a 16% para cafés cereja.

**Tabela 6:** Valores médios do teor de lipídeos (%M.S) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita.

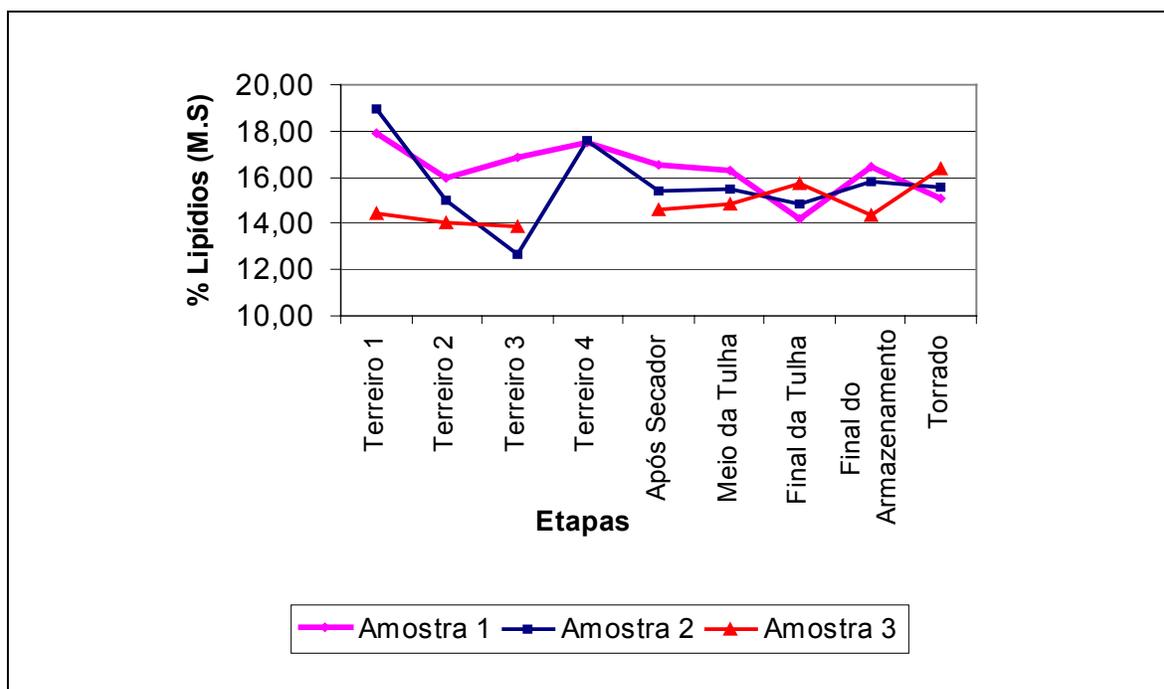
ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	17,9 ± 0,9 aA*	19,0 ± 0,5 aA	14,4 ± 0,4 bcdB
Terreiro 2 (T2)	16,0 ± 0,6 cdA	15,0 ± 0,4 bAB	14,0 ± 0,3 cdB
Terreiro 3 (T3)	16,9 ± 0,1 abcA	12,6 ± 0,2 cB	13,9 ± 0,2 dC
Terreiro 4 (T4)	17,5 ± 0,4 ab	17,6 ± 0,6 a	
Após Secador	16,5 ± 0,1 abcdA	15,4 ± 0,8 bAB	14,6 ± 0,1 bcB
Meio da Tulha	16,3 ± 0,1 bcdA	15,5 ± 0,2 bB	14,8 ± 0,2 bC
Final da Tulha	14,2 ± 0,5 eB	14,9 ± 0,2 bAB	15,8 ± 0,3 aA
Final do Armazenamento	16,5 ± 0,2 abcdA	15,8 ± 0,2 bB	14,4 ± 0,1 bcdC
Torrado	15,1 ± 0,3 deC	15,6 ± 0,1 bB	16,4 ± 0,1 aA

\* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

Os três lotes diferiram significativamente entre si em quase todas as etapas do processamento, o que reafirma a instabilidade na alteração dos lipídios durante o pós-colheita, para qualquer estágio de maturação. O lote 3 apresentou teores menores de lipídios e se mostrou com uma alteração menos brusca em seus teores durante as diversas etapas.

PIMENTA (1995), verificou diferenças nos valores de extrato etéreo em grãos originados de frutos em diferentes estágios de maturação. Observou-se um menor valor para seco passa (11,90%) e maior valor para o verde-cana (16,6%), sendo que, para frutos cereja e verde, observaram-se teores de 14,61% e 14,42% respectivamente. Esta redução no teor de lipídios em grãos colhidos tardiamente também foi observada neste estudo.

A Tabela 6 demonstra que também há diferença significativa entre grãos verdes e torrados para os três lotes estudados. O teor de lipídios aumentou após a torração para o lote (L3), e segundo LERICI *et al.*, (1980) citado por PÁDUA (2002) estes valores podem ter aumentado em função da redução do teor de água durante a torração e em função da perda de outros constituintes, como os sólidos solúveis. Já para os lotes (L1) e (L2) estes valores tiveram uma redução após a torração, o que segundo TOCI *et al.*, (2006) pode ser explicado por uma possível degradação oxidativa ocorrida nos lipídios, gerando dentre os compostos voláteis do café, aldeídos, álcoois alifáticos e aromáticos.



**Figura 9:** Variação no teor de lipídeos durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estágios de maturação

Os valores médios de lipídios totais ou extrato etéreo avaliados no presente trabalho apresentaram uma variação, com valores maiores ora no início do processamento, ora no final, sem nenhuma tendência definida, conforme apresentado na Figura 9. PIMENTA (2001) e OLIVEIRA (2002), também não encontraram em seus trabalhos uma tendência definida na variação dos lipídeos.

Os óleos do grão de café durante a torração atuam como uma peneira seletiva na retenção de substâncias aromáticas do grão de café, melhorando a qualidade do produto (AMORIM, 1978). Com base nessas informações, os cafés colhidos com maior quantidade de frutos cereja (lotes 1 e 2) poderão apresentar melhores sabores na avaliação sensorial.

### III.5. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos, nas condições experimentais, conclui-se que:

1) Com relação à variação ocorrida na composição química do grão entre as etapas estudadas durante o processamento pós-colheita:

- No geral, os compostos avaliados em grãos de café cru durante o processamento, apresentaram diferenças significativas entre a maioria das etapas estudadas.
- As maiores e mais drásticas alterações nos teores dos compostos estudados ocorreram durante a secagem em terreiro (T1, T2, T3 e T4), o que demonstra e confirma a importância de se manter o máximo de cuidado durante a execução desta etapa, para que se evitem alterações que possam ser prejudiciais a qualidade da bebida.
- O teor de umidade e proteínas tende a diminuir durante o processamento pós-colheita. Os valores de sólidos solúveis totais e pH tendem a aumentarem gradativamente e os teores de lipídeos e acidez titulável total, apresentaram-se de forma instável durante o processamento não apresentando uma tendência definida de aumento ou diminuição em seus teores.
- A composição química dos grãos sofre drásticas alterações durante o processo de torração.

2) Com relação à influência do estágio de maturação na composição química dos grãos.

- O café colhido tardiamente (Lote 3) representado em sua maioria por 80% de frutos bóia, apresentou uma menor umidade inicial. O que pode contribuir para uma redução de mão de obra e energia durante o processo de secagem.
- Para a maioria das variáveis analisadas o lote 3 apresentou diferença significativa dos lotes 1 e 2, o que indica haver diferença na composição química dos grãos entre os frutos colhidos no estágio cereja para os frutos colhidos no estágio bóia, não havendo interferência dos 10% de frutos verdes presentes no lote 1, já que o lote 1 e 2 não apresentaram diferença significativa entre si.
- Café colhido tardiamente com grande quantidade de frutos secos (bóia) apresentou menor variação das concentrações da maioria dos compostos avaliados.
- O café bóia apresentou maiores teores de sólidos solúveis e acidez titulável total e menores teores de proteínas e lipídeos. Não havendo diferença significativa para estas variáveis entre os lotes 1 e 2.
- O valor de pH não apresentou diferença significativa entre os frutos de diferentes estádios de maturação.

### III.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A. A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão verde e da qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. Curitiba **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1975. P.21

AMORIM, H.V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida.** 1978. (Dissertação de Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 1978.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists.** 15.ed. Washington, 648p,1990.

BARRIOS, E. B. **Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de cafés (*Coffea arabica* L.) da região Alto Rio Grande - Sul de Minas Gerais.** 2001. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n º8, de 11 junho de 2003. Disponível em: <http://www.ministério.gov.br/instrução>. Acesso em: 08/2007.

CARVALHO JÚNIOR, C. de. **Efeito de sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CARVALHO JÚNIOR, C de.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; SILVA, F. M. Influência de diferentes sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol.27, n.5, p.1089-1096, 2003.

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

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

CHAGAS, S. J. R. **Potencial da Região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais**. 2003. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CLIFFORD, M. N. The composition of green and roasted coffee beans. **Process Biochemistry**, Oxford, vol.10, n.2, p.20-23, 1975.

COELHO, K. F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos**. 2000. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.26, n.2, p.375-384, 2002.

DINIZ, F. Embrapa e IllyCaffè: colaboração técnica para aumentar a qualidade do café. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/?q=node/22947>. Acesso em: 11/ 2007.

FERNANDES, S. M. **Composição química e qualidade do café torrado e moído armazenado a temperatura ambiente e sob refrigeração**. 2003. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; PINTO, N. A. V. D. NERY, M. C. PÁDUA, F. R. M. de Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol.27, n.5, p.1076-108, 2003.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffes of diferente cup qualities. **LWT**, vol.38, p.709-715, 2004.

GOULART, P. F. P.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; FRIES, D. D.; MEGALHÃES, M.; MELO, C. de. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.37, n.3, p.662-666, 2007.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: The chemistry of quality**. San Diego: Academic Press Limited, 253p. 1996.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee: The Chemistry of Quality**. San Diego Academic Press Limited, 235p. 1998.

ILLY, E. A saborosa complexidade do café: A ciência que esta por trás de um dos prazeres mais simples da vida. **Scientific American**, 2002. Disponível em: [http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a\\_saborosa\\_complexidade\\_do\\_cafe.html](http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_saborosa_complexidade_do_cafe.html). Acesso em: 09/2007.

LAGO, R. C. A. Lipídios em grãos de café. **Boletim do Centro de pesquisa e Processamentos de Alimentos**, vol.19, n.2, p.319-340, 2001.

LERICI, C. R.; LERCKER, G.; MINGUZZI, A.; MATASSA, P. Processi di trasformazione del caffè: aspetti chimici, fisici e tecnologie. **Industrie delle Bevande**, Pinerolo, vol.9, n.3, p.232-238, 1980.

LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PERREIRA, R. G. F. A; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.25, n.2, p.239-243, 2005.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PERREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G.; BORÉM, F. M.; MARQUES, R. E. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea Arabica* L.) suscetíveis e resistentes à *Hemileia Vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol.31, n.2, p.413-419, 2007.

NORM INTERNACIONAL: **ISO 6673/1983**. Green coffee determination of moisture content.

OLIVEIRA, G. A. de. **Qualidade dos cafés cereja, bóia e mistura submetidas a diferentes períodos de amontoamento e tipos de secagem**. 2002. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **El despulpado del café por medio de desmucilagadoras mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarán en el estado de Paraná en Brasil**. [S.l.], 1992. Não paginado. (Reporte de Evolución Sensorial).

PÁDUA, F. R. M. de. **Composição química e qualidade de diferentes tipos de café torrado e moído durante o armazenamento**. 2002. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PALÁCIOS-CABRERA, A. H.; TANIWAKI, M. H. Determinação do teor de umidade do café cru e beneficiado: Comparação entre diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, n.6, p.25-29, 2003.

PALÁCIOS-CABRERA, A. H. **Prevenção da Ocratoxina A no café durante o transporte marítimo**. 2005. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

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

PIMENTA, C. V.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em cafés (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, n.7, p.20-30, 2000.

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café**. 2001. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Avaliação Química e qualitativa do café (*Coffea arabica* L.) colhido sobre o pano e no chão, em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, n.5, p.36-43, 2002.

PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; CARVALHO, V. D. de; VIEIRA, M. G. C. Caracterização eletroforética e quantificação das frações protéicas do café cru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS BRASILEIRAS, 25, 1999, Franca, SP. **Anais...**, Rio de Janeiro, 1999, p.129.

PINTO, N. A. V. D.; PERREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M.; THÉ, P. M. P.; CARVALHO, V. D. de. Caracterização dos teores de polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café (*Coffea arabica* L.) cru e torrado do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, n.04, p.52-58, 2002.

RAMALAKSHMI, K.; KUBRA, I. R.; RAO, L. J. M. Physicochemical characteristics of green coffee: Comparasion of graded and defective beans. **Journal of Food Science**, vol.72, n. 5, p. S333-336, 2007.

SABBAGH, N. K.; YOKOMIZO, Y. Efeito da torração sobre algumas propriedades químicas de cafés arábica e robusta. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.7, p.147-161, 1976.

SARRAZIN, C.; LEQUÉRE, J. L.; GRETSCH. C.; LIARDON, R. Representativeness of coffee aroma extracts: a comparison of different extraction methods. **Food Chemistry**, vol.70, p.99-106, 2000.

SIQUEIRA, H. H de. **Análises físico-químicas, químicas e sensoriais de cafés de diferentes tipos de processamento durante a torração**. 2003. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

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, vol.30, n. 1, p.112-117, 2006.

SIVETZ, M. **Coffee processing technology**. Westport AVI, 1963, vol.2, 349p.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**, Westpor, p.527-575, 1979.

TEIXEIRA, A. A. **Assicafé**. Comunicação Pessoal. São Paulo, 2002.

TOCI, A.; TRUGO, L. C.; FARAH, A. A. T. Efeitos do processo de descafeinação com Diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta antes e após a torração. **Revista Química Nova**, vol.29, n.5, p.965-971, 2006.

VILLELA, T. C. **Qualidade do café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem**. 2002. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

VOILLEY, A.; SAUVAGEOT, F.; SIMATOS, D.; WOJCIK, G. Influence of some processing conditions on the quality of coffe brew. **Journal Food Processes Preservation**, vol.5, p.135-143, 1981.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISE DE AÇÚCARES (SACAROSE, GLICOSE E FRUTOSE) E DE ÁCIDO CLOROGÊNICO 5-CQA E SEUS ISÔMEROS POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE) EM GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) COLHIDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

#### RESUMO

Compostos como açúcares e ácidos clorogênicos acumulados durante a maturação dos grãos de café possuem importante papel na qualidade da bebida, os açúcares estão diretamente ligados à qualidade da bebida, contribuindo com sua doçura. Sua importância nos grãos pode ser atribuída não só pela sua alta concentração, mas também pelas alterações ocorridas nestes durante a torração. Os açúcares predominantes nos grãos de café são frutose, glicose e sacarose, sendo encontrado também traços de outros açúcares. Já os ácidos clorogênicos podem ser responsáveis pela desvalorização na qualidade da bebida, pois estes sofrem intensa degradação térmica durante o processamento do grão gerando uma série de compostos voláteis de baixo peso molecular que apresentam características sensoriais indesejáveis de adstringência e amargor. Este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento destes dois componentes químicos durante o monitoramento das etapas pós-colheita (secagem em terreiro, secador rotativo, armazenamento em tulha e armazém) em cafés colhidos em diferentes estádios de maturação, através da técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. Com relação aos monoisômeros de ácidos clorogênicos, o teor de 5-CQA tende a aumentar durante o processamento dos grãos, apesar de se manter instável durante as etapas de secagem em terreiro. Os três lotes estudados, o Lote 1, representado por 90% frutos cereja e 10% de verdes; o Lote 2 com frutos 100% cereja; e o Lote 3, com 85% de frutos bóa, 10% de cereja e 5% de verde, diferiram significativamente entre si com relação ao teor de 5-CQA,

porém o lote que apresentou a maior concentração desta variável foi o lote 2. Durante o processo de torração e elaboração da bebida ocorreu redução no teor de 5-CQA. Os teores dos isômeros 3 e 4 não apresentaram uma tendência definida de aumento ou diminuição durante o processamento, apresentando valores ora menores e ora maiores entre uma etapa e outra. Com o processo de torração este teor sofreu aumento e na bebida preparada em papel filtro também foram encontradas concentrações destes dois monoisômeros. Com relação aos açúcares, o teor de sacarose tende a aumentar durante o processamento. Uma maior concentração de sacarose foi encontrada no lote 3. Já os teores de frutose e glicose tendem a diminuir durante o processamento. O teor de frutose encontrado nos três lotes estudados foi maior que o de glicose. Após a torração o nível de sacarose, frutose e glicose diminuíram drasticamente, não sendo detectados glicose e frutose nos grãos torrados. O método escolhido para a determinação de açúcares e ácidos clorogênicos foi considerado eficiente diante dos resultados obtidos durante a validação dos métodos.

## **ABSTRACT**

Compounds like sugar and chlorogenic acids accumulated during maturation of coffee grains are of great importance in the quality of drink, the sugar are directly linked to quality of the drink, contributing its sweetness. Its importance in grains can be attributed not only for its concentration, but also for the alterations occurred during the torrefaction. The predominant sugars presented at the coffee grain are glucose, fructose and sucrose, although traces of other sugars can be found. In relation to chlorogenic acids they may be responsible for decreasing at the quality of the drink, as they suffer intense thermal degradation during the grain process, generating a series of volatile compounds with low molecular weight, that present undesirable sensorial characteristics, astringency and bitterness. The objective of this study was to evaluate the behavior of the chemical compounds during the monitoring of post-harvested stages (dry on brick yard, rotative drier, storage in warehouse or granary) in coffees harvested at different stages of maturation, using High Performance liquid Chromatography (HPLC). About the chlorogenic acid monoisomers, the level of 5-CQA tends to increase during the grain process, despite the fact of maintaining unstable while being dried at brick yard. The three lots studied, lot 1 (90% cherry fruit + 10% green); lot 2 (100% cherry fruit; lot 3 (85% fruit float+ 10% cherry + 5% green) differed significantly between one another, in relation to the 5-CQA level, thus the lot with the higher concentration presented was lot 2. During the torrefaction process and

elaboration of the drink occurred a reduction in the levels of 5- CQA. The levels of the isomers 3 and 4 did not present a definite tendency of increasing or decreasing during the process, presenting low and high values between one stage and another. Within the process of torrefaction it suffered an increase and at the drink prepared in filter paper also were encountered concentrations of this two monoisomers. In relation to sugars, the sucrose level tends to increase within the process. A higher concentration of sucrose was found at lot 3. However, the levels of fructose and glucose tend to decrease within the process. The level of fructose found at the three lots studied were higher than glucose. After the torrefaction, the level of sucrose, fructose and glucose decreased drastically, and the presence of of glucose and fructose wasn't detected in toasted grains. The chosen method to determine sugar and chlorogenic acids were considered efficient because of the obtained results during the validation of the methods.

## IV.1. INTRODUÇÃO

Os açúcares estão diretamente ligados à qualidade da bebida, contribuindo com a doçura, que segundo a Organização Internacional do café, OIC, (1991), é uma das características de sabor mais desejável no café *gourmet*. Ainda é discutível qual deve ser o tipo e a concentração de açúcares nos grãos que exerceria maior influência na qualidade da bebida. CHAGAS (1994) encontrou uma relação positiva entre a qualidade do café e quantidade de açúcares redutores e não redutores.

Os açúcares livres dominantes nos grãos de café são basicamente frutose, glicose e sacarose, porém traços de outros açúcares como estaquiose, rafinose, arabinose, manose, galactose, também são encontrados. A sacarose representa quase o total dos açúcares livres nos grãos maduros de café, porém, o teor pode variar entre espécies. Segundo ILLY e VIANI (1996), apesar de ser degradada significativamente durante o processo de torração, a sacarose permanece nos grãos torrados na concentração de 0,4 a 2,8% em massa seca e provavelmente está relacionada com sabor da bebida.

A presença de compostos fenólicos no café, em quantidades maiores verificadas para determinada espécie, é associada à desvalorização da qualidade, são responsáveis pela adstringência e interferem no seu sabor. Estes compostos, principalmente os ácidos caféico e clorogênicos, exercem ação protetora e antioxidante dos aldeídos. Em virtude de qualquer condição adversa dos grãos, ou seja, colheita inadequada, problemas no processamento e armazenamento, as polifenoloxidasas agem sobre os polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, facilitando a oxidação destes com interferência no sabor e aroma do café após a torração CLIFFORD (1999).

De acordo com MENEZES (1994), na torração, os compostos fenólicos são gradualmente decompostos resultando na formação de voláteis do aroma, materiais poliméricos (melanoíginas) e liberação de CO<sub>2</sub>. O ácido clorogênico é hidrolisado a ácidos caféico e quínico, cujos sabores são mais amargos e adstringentes do que dos outros ácidos, pois seu grupo cíclico é um fenol. Um grande número de compostos fenólicos tem sido identificado em café torrado e alguns deles são originados dos ácidos clorogênicos.

A bebida produzida a partir de grãos de café arábica é mais aceita e preferida pelos consumidores, principalmente por apresentar baixo amargor e por possuir um melhor aroma. Atualmente sabe-se que alguns compostos acumulados durante a maturação dos grãos de café possuem um importante papel na qualidade da bebida. Por exemplo, a sacarose apresenta-se

com concentração de 6 a 8,5% em café arábica e de 0,9 a 4,9% em robusta (CLIFFORD, 1985; CAMPA *et al.*, 2004), sendo considerada um dos maiores contribuintes para a qualidade de uma boa xícara de café, pois sua degradação libera durante a torração um alto teor de compostos envolvidos com o aroma da bebida, entre eles os compostos voláteis do aroma e os não voláteis responsáveis pelo sabor. Já os ácidos clorogênicos (ACG) são encontrados em altos níveis no café robusta e são responsáveis pelo amargor da bebida (CASTRO e MARRACINI, 2006).

Já existem muitos trabalhos na literatura que quantificam carboidratos e ácidos clorogênicos totais em café, porém poucos trabalhos realizam a quantificação de açúcares e ácidos clorogênicos individuais. Segundo TAVARES e FERREIRA (2006) na identificação dos compostos totais ou individuais presentes em café, várias técnicas espectroscópicas são utilizadas, tanto em separado, como em associação, tais com: cromatografia líquida de alta resolução, espectroscopia nas regiões do infravermelho, cromatografia gasosa e cromatografia gasosa de alta resolução acoplada à espectrometria de massa. Segundo CHIRINOS *et al.*, (2008) a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) tem a vantagem de ser um método versátil e preciso.

Sabendo-se da importância dos açúcares e do ácido clorogênico para qualidade sensorial da bebida do café, o presente trabalho tem como objetivo avaliar estes dois componentes químicos responsáveis por características sensoriais de doçura e adstringência na bebida do café. Serão avaliados através da técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) os açúcares de maior relevância em café (sacarose, frutose e glicose) e o ácido cafeoilquínico (CQA) e seus isômeros 3, 4 e 5, no caso dos ácidos clorogênicos. Estes dois compostos serão analisados durante o processo pós-colheita do café em amostras colhidas em diferentes estádios de maturação, para que seja possível avaliar o comportamento destes ao longo do processamento dos grãos, e a diferença destes com relação ao estágio de maturação dos grãos.

## **IV.2. ANÁLISE DE ÁCIDOS CLOROGÊNICOS**

Os compostos fenólicos estão presentes em todos os vegetais e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias, umas com estrutura química relativamente simples e outras complexas como tanino e ligninas. Nos frutos de café existe um alto teor destes componentes fenólicos, em particular ácido clorogênico (PIMENTA e VILELA, 2002). Segundo (TAVARES e

FERREIRA, 2006; REDGWELL e FISCHER, 2006; PERRONE *et al.*, 2008) os clorogênicos vêm ganhando importância para saúde humana devido à sua atividade anticancerígena comprovada para alguns tipos de câncer, sua ação benéfica no combate de doenças cardiovasculares devido as suas propriedades antioxidantes e seu efeito antagonista a opióides e ao transporte de glicose no combate ao diabetes.

Os ácidos clorogênicos (ACGs) são produtos do metabolismo de fenilpropanos e compreendem um grupo de ésteres formados pela esterificação de um ou mais derivados do ácido trans-cinâmicos com o ácido quínico (CLIFFORD *et al.*, 2003). Segundo MARIA e MOREIRA (2004) os ACGs podem ser subdivididos pela identidade do derivado do ácido cinâmico e pelo número de posição dos resíduos acila. Os três principais grupos encontrados na natureza são os ácidos cafeoilquínico (CQA), os dicafeoilquínico (di-CQA) e os feruloilquínico (FQA), ambos com três isômeros (3, 4, 5).

Quantitativamente, os ACGs são importantes constituintes dos grãos de café, podendo representar de 5 a 8% e 7 a 11% nas espécies *Coffea arábica* e *Coffea canephora*, respectivamente (KY *et al.*, 2001 e CLIFFORD, 1985).

Variações qualitativas e quantitativas no conteúdo de ACGs ocorridas durante o desenvolvimento do fruto também parecem ser importantes na qualidade final do aroma e sabor do café. CLIFFORD e KAZI (1987) citado por GEROMEL *et al.*, (2006) observaram que durante o desenvolvimento do fruto ocorre redução nos níveis de ACGs nas sementes com avanço da maturação.

Dos ACGs o 5-CQA é o que se encontra em maior concentração tanto em robustas como em arábicas; é considerado menos ácido que o ácido quínico livre e levemente amargo, sendo assim, relaciona-se inversamente a quantidade desses ácidos à qualidade sensorial da bebida. A composição e concentração dos ACGs ainda contribui na descrição das amostras, sendo possível identificar características genéticas, local de origem e processamento pós-colheita, permitindo também caracterizar o grau de torração (MENDES, 2005).

No café, esses compostos contribuem de maneira altamente significativa para o sabor e o aroma do produto final, pois os ácidos clorogênicos sofrem intensa degradação térmica durante o processamento do grão gerando uma série de compostos voláteis de baixo peso molecular que apresentam características sensoriais bem variadas como odores de matéria queimada, especiarias, cravo, fumo e também sensação de amargor e adstringência (TOCI *et al.*, 2006).

Segundo CLIFFORD (1999) cerca de 1/3 a 1/2 dos ácidos clorogênicos do café é destruído ou degradado com a torração e sofrem aproximadamente 80% de degradação com a torração escura. O destino destes ácidos destruídos com a torração é parcialmente conhecido, e cerca de 50% da quantidade perdida é encontrada nos pigmentos marrons ou melanoídnas; a outra metade, parte é liberada nos gases da torração, embora não se tenha determinado em qual proporção e nem o destino do restante.

Os ácidos clorogênicos (ACGs) são facilmente solubilizados em água quente e, portanto estarão presentes na bebida. O café é uma das principais fontes de ACG na dieta humana. Uma xícara da bebida (200 mL) pode conter cerca de 20-675 mg, dependendo da espécie de café e das condições de processamento (MARIA e MOREIRA, 2004).

#### **IV.2.1. Materiais e Métodos**

##### *IV.2.1.1. Matéria-prima*

Durante o experimento foram analisados três lotes homogêneos de café arábica, colhidos em duas épocas diferentes do mesmo talhão. Na primeira época (07/2006) foi analisado um lote (L1) que depois de passado pelo lavador estava constituído por 90% de frutos cerejas e 10% de verdes. O segundo lote (L2) estava constituído por frutos 100% cereja, que foram selecionados a dedo a partir dos frutos previamente lavados do (L1). Após 45 dias (segunda época) foi colhido o terceiro lote (L3), que também depois de lavado continha 85% de frutos bóia, 10% de frutos cereja e 5% de frutos verdes.

##### *IV.2.1.2. Descrição das etapas monitoradas e analisadas*

Para facilitar o entendimento do trabalho o processamento pós-colheita do café foi dividido em etapas, que receberam as seguintes denominações no caso dos lotes (L1) e (L2):

Terreiro 1 = 1º dia de secagem em terreiro

Terreiro 2 = 3º dia de secagem em terreiro

Terreiro 3 = 5º dia de secagem em terreiro

Terreiro 4 = 7º dia de secagem em terreiro

Início do Secador = Entrada dos grãos no secador rotativo, assim que estes foram retirados do Terreiro 4. Portanto, a etapa Início do Secador é igual à etapa Terreiro 4

Final do Secador = Início da Tulha, esta etapa está representada pela saída dos grãos do secador rotativo e imediato armazenamento em tulha

Meio da Tulha = Após repouso de 10 dias do café em coco na tulha

Final da Tulha = Início do armazenamento em galpão,

Final do Armazenamento = Um mês após armazenamento do café em saco de juta no armazém da propriedade

No caso do lote 3, colhido 45 dias após a primeira época, a denominação das etapas sofreu alteração, devido à redução do tempo de secagem dos grãos no terreiro, já que estes apresentavam umidade inicial menor. Nesta época, não existe a etapa Terreiro 4.

Terreiro 1 = 1º dia de secagem em terreiro

Terreiro 2 = 2º dia de secagem em terreiro

Terreiro 3 = 3º dia de secagem em terreiro

Início do Secador = Entrada dos grãos no secador rotativo, assim que estes foram retirados do Terreiro 3

Final do Secador = Início da Tulha

Meio da Tulha = Após repouso de 10 dias do café em coco na tulha

Final da Tulha = Início do armazenamento em galpão

Final do Armazenamento = Um mês após armazenamento do café em saco de juta no armazém da propriedade

#### *IV.2.1.3. Amostras analisadas*

Café Cru: Grãos crus referentes ao monitoramento das etapas pós-colheita

Café Torrado: Grão torrado e moído

Bebida: Preparada a partir dos grãos torrados e moídos em filtro de papel

#### IV.2.1.4. Preparo das amostras

Para os lotes de café 1 e 2 foram analisadas um total de dez amostras, sendo oito amostras de cafés crus, uma amostra de café torrado (torra clara) e uma de bebida preparada em filtro de papel. Para o lote 3, foi analisado um total de nove amostras, sendo sete amostras de café cru, uma de café torrado e uma de bebida. É importante ressaltar que o lote 3 possui uma amostra a menos, devido ao seu menor tempo de secagem em terreiro.

As amostras denominadas como grãos crus, também incluem os frutos amostrados durante a secagem do café em terreiro. Depois de amostrados, os frutos referentes às etapas de secagem em terreiro foram imediatamente congelados até o momento da análise, enquanto os frutos em coco referentes às etapas pós-secagem em terreiro, devido a dificuldade da retirada de sua casca para a realização das análises físico-químicas, foram primeiramente passados por um descascador mecânico e depois congelados.

A preparação das amostras em laboratório ocorreu da seguinte forma: Os frutos foram deixados à temperatura ambiente até seu descongelamento e então foram descascados manualmente para posteriormente serem secos em estufa a vácuo da marca TECNAL modelo TE-395 à temperatura de 65° C, e pressão de 55 mm Hg, até atingirem peso constante. Os grãos que já vieram descascados da fazenda também foram levados para estufa a vácuo nestas mesmas condições. Depois de secos, os grãos foram moídos em um moinho martelo de bancada da marca TECNAL, passados pela peneira de 60 mesh e armazenados em freezer a -10° C em sacos plásticos individuais devidamente identificados até o momento da análise.

As três amostras dos lotes (L1, L2 e L3) foram torradas separadamente em um torrador de tambor rotativo, elétrico, de laboratório, da marca Pinhalense modelo TP.2, capacidade de 200 g por tambor. Após a torração, os cafés foram moídos e passados pela peneira de 60 mesh. Os grãos foram submetidos à torra clara e o tempo de torração foi em média de 15 minutos.

As bebidas foram preparadas em filtro de papel e obedeceram a proporção de 8 g de café torrado e moído para 100 mL de água, a aproximadamente 98° C.

#### VI.2.1.5. Extração nos cafés crus e torrados

A 500 mg de amostra de café moído (cru ou torrado) pesados em frasco âmbar em balança analítica foram adicionados aproximadamente 80 mL de água MilliQ a 80°C. Os frascos

foram mantidos sob agitação por 15 minutos, a 300 rpm. Após a agitação, a solução foi transferida para um balão volumétrico calibrado, e a ela foi adicionado 2 mL da solução de Carrez (1 mL de cada solução) para precipitação do material coloidal, o volume foi completado a 100 mL com água MilliQ, a mistura foi deixada em repouso por 10 minutos, para então ser filtrada em papel qualitativo Whatman 1.

#### *IV.2.1.6. Extração nas bebidas*

As bebidas foram preparadas em filtro de papel e obedeceram a proporção de 8g de café torrado e moído para 100 mL de água MilliQ a aproximadamente 98° C. 20 mL da bebida foram pipetados para um balão volumétrico calibrado e a ela foram adicionados 1 mL de cada reagente de Carrez, o volume então foi ajustado a 100 mL com água MilliQ e, após 10 minutos de repouso, a mistura foi filtrada em papel Whatman 1.

Antes de cada injeção no equipamento todos os extratos foram filtrados em filtro Milipore HATF 0,45µm e cada extrato foi injetado em triplicada no cromatógrafo.

#### *IV.2.1.7. Preparo da solução de Carrez*

A solução de Carrez foi preparada segundo (TRUGO e MACRAE, 1984):

- Solução A: Dissolução de 21,9 g de acetato de zinco cristalizado,  $Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$ , em 3 mL de ácido acético glacial em água destilada, ajustando volume á 100 mL.
- Solução B: Dissolução de 10,6 g de hexacianoferrato de potássio em 100mL de água destilada.

### **IV.2.2. Avaliação dos Critérios de Desempenho do Método de Validação: ACG**

#### *IV.2.2.1. Seletividade e especificidade*

A seletividade e especificidade do método foram determinadas analisando-se cromatograficamente e individualmente o branco da amostra, o branco dos reagentes e a

amostra adicionada do padrão puro do 5-CQA e da reação, para verificar a ausência de picos interferentes nos cromatogramas.

#### *IV.2.2.2. Repetibilidade do equipamento*

Verificou-se a repetibilidade da injeção do equipamento injetando-se cinco vezes uma solução padrão correspondente a 10 µg/mL do 5-CQA. Posteriormente, foram calculados a média e o desvio padrão.

#### *IV.2.2.3. Linearidade*

A linearidade foi determinada por meio de curva de calibração que foi estabelecida com 10 concentrações que abrange a faixa de 0,2 a 50 µg/mL. A solução de cada concentração foi injetada em triplicata e foram determinados os coeficientes angular e linear da reta de regressão. A seguir, foi aplicado o teste estatístico para a determinação da linearidade para as 10 concentrações, 2 graus de liberdade, com p de 0,05. Foram determinados, em seguida, os intervalos de confiança dos valores dos coeficientes angular e linear da reta de regressão. Para confirmação da linearidade da curva foram aplicados testes estatísticos: como o teste para outliers baseado no resíduo Jackknife, teste de normalidade dos resíduos e teste de Levene modificado para homogeneidade da variância dos resíduos da regressão.

A equação da reta obtida pelo método dos mínimos quadrados para o 5-CQA é representada pela fórmula:  $Y = 45470x + 7687,1$  e o valor do coeficiente de correlação (r) obtido foi de: 0,9998.

#### *IV.2.2.4. Recuperação do analito*

A eficiência do método foi determinada mediante o cálculo da porcentagem de recuperação do 5-CQA, segundo o seguinte procedimento:

- Foram analisadas triplicatas de três níveis de concentração: Baixo, médio e alto, correspondentes às concentrações de 2,5; 5,0; 10 µg/mL injetados no cromatógrafo e que não passaram pelo processo de extração;

- Foram analisadas triplicatas de três níveis de concentração: Baixo, médio e alto, correspondentes às concentrações de 2,5; 5,0; 10,0 µg/mL injetados no cromatógrafo e que passaram pelo processo de extração.
- Foram analisadas triplicatas do branco da amostra, submetidos ao processo de extração e quantificação.

Foram calculadas a média, o desvio padrão, a presença de pontos aberrantes utilizando o teste de Grubbs, as recuperações (R%) e os coeficientes de repetibilidade (CVr) e reprodutibilidade (CVR) dos resultados de cada concentração. Após o cálculo da recuperação média M (média de todas as recuperações das três concentrações) e o desvio padrão relativo (CV%) das médias, verificou-se se a recuperação média diferiu ou não de 100% por meio da seguinte formula:

$$\% \text{ Recup. (\%)} = \frac{\text{conc. encontrada} - \text{conc. branco. amostra}}{\text{conc. da amostra adicionada}} \times 100$$

No caso do ácido clorogênico a recuperação do analíto foi avaliada somente em três concentrações, devido à pequena quantidade do padrão 5-CQA disponível para a realização da análise.

Na Tabela 7, encontram-se expressos a porcentagem de recuperação do ácido clorogênico 5-CQA, avaliados nos três níveis de concentração:

**Tabela 7:** Porcentagem de recuperação do 5-CQA

Concentrações (µg /mL)	Recuperação do 5-CQA (%)
2,5	94
5,0	78
10,0	114

Segundo (RIBANI *et al.*, 2004) os intervalos aceitáveis de recuperação para análise de resíduos geralmente estão entre 70 e 120% com precisão de até ± 20%. A porcentagem de recuperação do analíto foi considerada baixa para a concentração de 5 µg/mL. Já para as concentrações de 2,5 e 10 µg/mL a porcentagem de recuperação foi satisfatória. A baixa recuperação ocorrida na concentração de 5 µg/mL, pode ter ocorrido devido a um erro ocorrido

durante a preparação das amostras ou devido ao efeito matriz da amostra. Porém esta segunda opção é muito pouco provável, já que este comportamento de redução na porcentagem de recuperação também não foi observado para os dois outros pontos avaliados no presente trabalho.

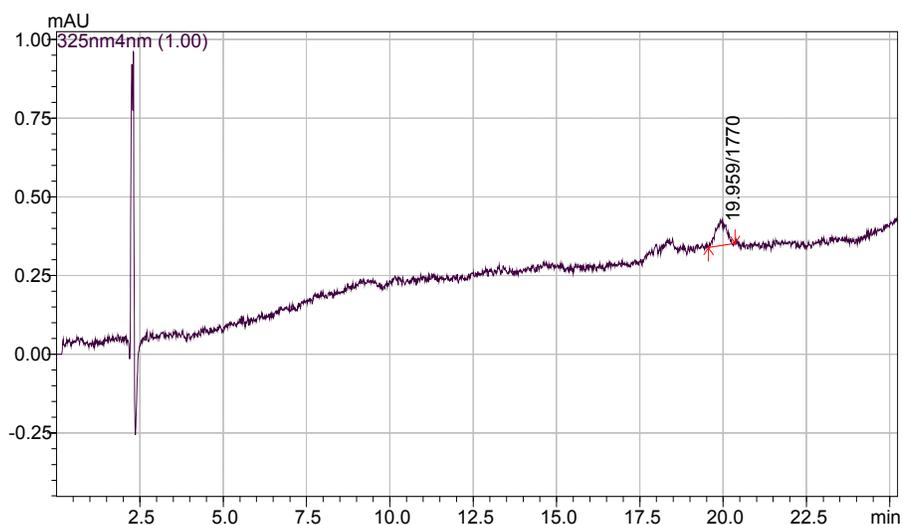
#### IV.2.2.5. Limites de detecção e quantificação do equipamento

O limite de detecção do equipamento foi determinado segundo (QUATROCCHI *et al.*, 1992). Após cálculo do coeficiente angular da reta de calibração (**b**), obteve-se uma nova curva de calibração injetando-se em triplicata, o padrão do 5-CQA nas concentrações de 0,05; 0,02; 0,01  $\mu\text{g/mL}$ . Com base na equação da reta obtida, determinou-se a interseção com eixo y, ou seja, o valor do coeficiente linear da reta ( $Y_{bl}$ ). A seguir, determinaram-se os desvios-padrão das replicatas de cada concentração e construiu-se uma curva de concentração x desvio-padrão e, como no caso anterior, calculou-se o coeficiente linear desta nova reta (**S<sub>bl</sub>**). Os limites foram calculados como:

$$\text{LDE} = (Y_{bl} + 3 \times S_{bl})/b$$

$$\text{LQE} = (Y_{bl} + 10 \times S_{bl})/b$$

Os limites de detecção e quantificação do equipamento foram de 0,05 e 0,20  $\mu\text{g/mL}$ , respectivamente. Na Figura 10, encontra-se o cromatograma do limite de detecção do equipamento.



**Figura 10:** Cromatograma do limite de detecção do equipamento para o padrão de ácido clorogênico 5-CQA

#### IV.2.2.6. Limites de detecção e quantificação do método

Os limites, em microgramas, de detecção e quantificação do método (LDM) e (LQM), respectivamente, foram calculados levando-se em conta a porcentagem de recuperação da amostra adicionada uma vez que esta diferiu de 100%, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{LDM} = (\text{LDE}/\% \text{rec}) \times 100$$

$$\text{LQM} = (\text{LQE}/\% \text{rec}) \times 100$$

Uma vez que a recuperação do 5-CQA diferiu estatisticamente de 100% os limites de detecção e quantificação do método foram corrigidos em relação aos do equipamento, resultando em 0,053 e 0,214  $\mu\text{g/mL}$ , respectivamente.

### IV.3. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO ÁCIDO CLOROGÊNICO E SEUS ISÔMEROS

A separação ocorreu em HPLC-DAD utilizando-se uma coluna de fase reversa (Merck-Lichrospher 100, 5  $\mu\text{m}$ , 250 x 4 mm), em um cromatógrafo Shimadzu 10 A-VP, composto de bomba binária, injetor automático, sistema de desgaseificação por membrana, forno, controladora e um detector de arranjo de diodo DAD-M10A-VP em  $\lambda$  máx de 325 nm, o software utilizado foi o CLASS-VP.

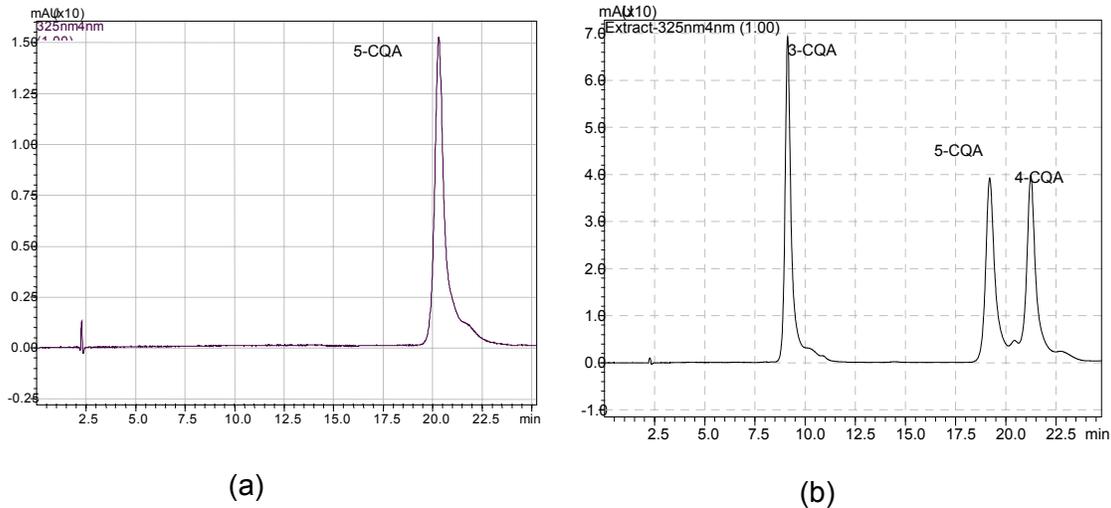
As fases móveis utilizadas foram metanol grau HPLC (FMA) e solução tampão de ácido cítrico com modificador TBA a 0,01 molar (FMB) e pH 2,5, com fluxo de 1,0 mL/min obedecendo a programação de gradiente da Tabela 8.

**Tabela 8:** Programação de gradiente de eluição da fase móvel B (solução tampão de ácido cítrico com modificador TBA 0,01M) para análise de ácidos clorogênicos.

Tempo (min)	0,01	5	15	20	30	32	37	40
% B	14	14	16	20	40	14	14	14

O padrão utilizado foi o ácido 5-cafeoilquínico (5-CQA) – Clorogenic Acid, da Sigma. Para identificar os isômeros 3-CQA e 4-CQA, o padrão 5-CQA foi submetido à isomerização através da metodologia citada por TRUGO e MACRAE (1984). O cromatograma da mistura apresentou dois picos. Posteriormente a mistura de isômeros foi injetada com o padrão 5-CQA adicionado e identificado como sendo o segundo pico. Como não há padrões dos isômeros 3 e 4 –CQA e como não se dispunha de espectrofotômetro de massa, pelos dados da literatura segundo (TRUGO, 1984; CLIFFORD, 1985; MENEZES, 1990 e PERRONE *et al.*, 2008)

admitimos que o primeiro pico seja o 3-CQA, o segundo o 5-CQA e o terceiro o 4-CQA. Os cromatogramas do padrão e dos isômeros são apresentados na Figuras 11.



**Figura 11:** Cromatogramas obtidos para os padrões empregados: (a) ácido clorogênico 5-CQA; (b) mistura do padrão de 5-CQA e dos isômeros do ácido cafeoilquínico, produzidos através da reação de isomerização

A quantificação do 5-CQA se deu através da utilização da curva de calibração externa que foi construída usando-se do seu padrão. A equação da regressão linear utilizada foi a seguinte:

$$\text{Conc.: } Y = 45470x + 7687,1 \quad r = 0,9998$$

A quantificação dos demais isômeros (3 e 4) se deu através da seguinte equação proposta por (TRUGO & MACRAE, 1984):

$$C = \frac{FR \cdot \epsilon_1 \cdot M_{r2} \cdot A}{\epsilon_2 \cdot M_{r1}}$$

Sendo:

C = Concentração (mg/mL)

FR = Fator de resposta do padrão 5-CQA (FR=  $2,125e^{-8}$  mg/mL por unidade de área)

$\epsilon_1$  = Absortividade molar do 5-CQA ( $1,95 \times 10^4$  a  $\lambda$  máx de 330nm )

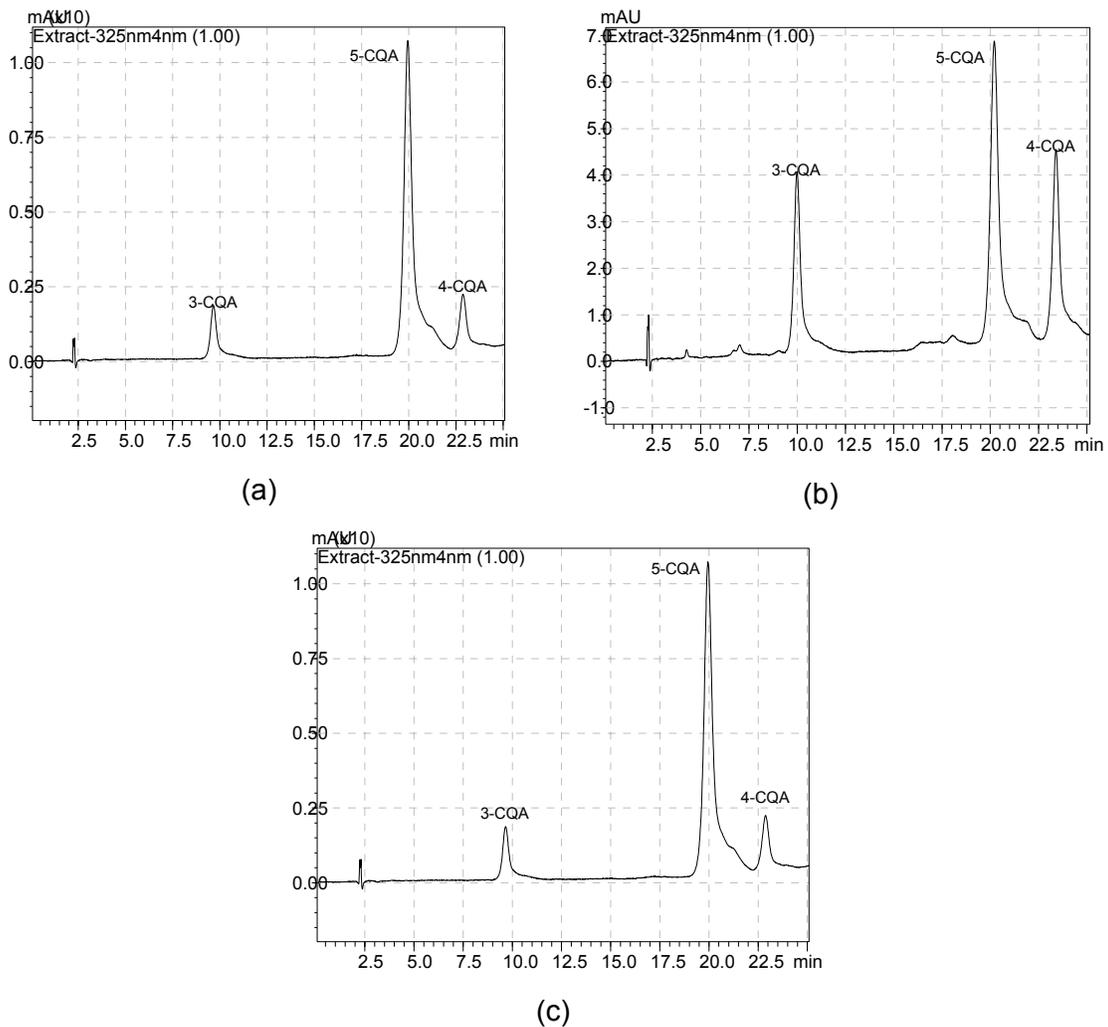
$\epsilon_2$  = Absortividade molar do isômero 3-CQA =  $1,84 \times 10^4$ ; 4-CQA =  $1,80 \times 10^4$  a  $\lambda$  máx de 330nm)

$M_{r1}$  = Massa molecular relativa do 5-CQA e

$M_{r2}$  = Massa molecular relativa do isômero em questão

A = Área do pico do isômero em questão

Na metodologia utilizada foram detectados os isômeros do ácido cafeoilquínico (3-CQA, 4-CQA e 5-CQA). Alguns cromatogramas são apresentados nas Figuras 12, para grãos crus, torrados e bebidas, respectivamente.



**Figura 12:** Cromatogramas obtidos para os ácidos clorogênicos (3-CQA, 4-CQA, e 5-CQA) presentes nas amostras analisadas: (a) café cru; (b) torrado; (c) bebida

## IV.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### IV. 4.1. Análise Estatística

Para a realização deste estudo não foi realizado nenhum delineamento experimental. Foram utilizados três tratamentos (Lote 1, Lote 2 e Lote 3) e as análises realizadas para cada etapa estudada foram feitas em triplicada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, para comparação das médias, utilizou-se o teste de TUKEY a 5% de probabilidade, empregando-se o pacote computacional Statistical Analysis Systems (SAS), versão 6.0.

### IV. 4.2. Ácidos Clorogênicos Totais

No presente trabalho foi avaliado o grupo de maior relevância dos ácidos clorogênicos, o ácido cafeoilquínico (CQA) e seus isômeros (3-CQA, 4-CQA e 5-CQA), que representam segundo TOCI *et al.*, (2006) e PERRONE *et al.*, (2008) 76 a 84% do total de ácidos clorogênicos presentes em café. Antes de relatar os teores destes ácidos individualmente, na Tabela 9 encontram-se a soma dos ácidos clorogênicos estudados neste trabalho.

**Tabela 9:** Concentrações médias em (g/100g) de ácido clorogênico “totais” para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	3,13	4,46	4,26
Terreiro 2 (T2)	4,14	4,12	5,22
Terreiro 3 (T3)	3,45	4,16	5,79
Terreiro 4 (T4)	5,47	5,02	
Após Secador	6,06	4,77	5,77
Meio da Tulha	5,91	6,51	5,45
Final da Tulha	6,04	5,89	5,86
Final do Armazenamento	6,2	6,64	5,8
Torrado	3,52	2,26	2,33
Bebida	2,99	2,73	2,62

As porcentagens correspondentes ao total de ácidos clorogênicos (ACGs) presentes nas amostras de café cru, referentes as etapas finais de processamento, estão dentro da faixa

de valores citado por (CLIFFORD, 1985; FARAH *et al.*, 2005; PIMENTA e VILELA, 2006; PIMENTA e VILELA, 2002b e RAMALASKSHMI, 2007) que podem variar de 5 a 7,5% em cafés arábica. Não existem na literatura trabalhos que relatem a variação da concentração de ácidos clorogênicos em grãos de café ao longo das etapas de processamento dos grãos, sendo relatado na maioria dos trabalhos somente o teor dos ácidos clorogênicos nos grãos referentes a etapas finais do processamento, ou seja, nos grãos crus, obtidos após o armazenamento.

#### IV. 4.3. 5-CQA

O resultado dos valores médios do teor de 5-CQA durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação, estão expressos na Tabela 10. Observou-se que houve diferença significativa no teor de 5-CQA no lote (L1) entre as etapas iniciais do processamento (T1, T2, T3 e T4) e, que as etapas finais não diferiram significativamente uma das outras. Para o lote (L2), observou-se que não houve diferença significativa entre as etapas iniciais, porém a partir da etapa (T4) algumas etapas apresentaram diferenças significativas entre si. Para o lote (L3) somente a etapa (T1) diferiu das demais. Já o café torrado e a bebida diferiram significativamente das demais etapas, em todos os três lotes.

**Tabela 10:** Concentrações médias em (g/100g) de 5-CQA para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita.

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	2,43 ± 0,01 <b>dB*</b>	3,43 ± 0,09 <b>cA</b>	3,14 ± 0,03 <b>cA</b>
Terreiro 2 (T2)	3,16 ± 0,05 <b>cA</b>	3,34 ± 0,09 <b>cA</b>	3,92 ± 0,01 <b>baA</b>
Terreiro 3 (T3)	2,62 ± 0,02 <b>dC</b>	3,20 ± 0,09 <b>cB</b>	4,35 ± 0,07 <b>abA</b>
Terreiro 4 (T4)	3,99 ± 0,09 <b>b</b>	3,84 ± 0,02 <b>bc</b>	
Após Secador	4,66 ± 0,09 <b>aA</b>	3,60 ± 0,09 <b>cB</b>	4,31 ± 0,01 <b>abA</b>
Meio da Tulha	4,52 ± 0,08 <b>aB</b>	5,02 ± 0,07 <b>aA</b>	4,07 ± 0,01 <b>abC</b>
Final da Tulha	4,65 ± 0,03 <b>aA</b>	4,48 ± 0,09 <b>abA</b>	4,38 ± 0,09 <b>aA</b>
Final do Armazenamento	4,73 ± 0,03 <b>aAB</b>	5,15 ± 0,09 <b>aA</b>	4,42 ± 0,08 <b>aB</b>
Torrado	1,68 ± 0,04 <b>eA</b>	1,07 ± 0,04 <b>dB</b>	1,12 ± 0,03 <b>dB</b>
Bebida	0,70 ± 0,01 <b>fA</b>	0,65 ± 0,07 <b>dB</b>	0,62 ± 0,01 <b>eBC</b>

\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

Os teores de 5-CQA quantificados em grãos crus no presente trabalho estão acima dos valores citados por (FARAH *et al.*, 2005) que encontrou 3,12% de 5-CQA em grãos crus de café arábica, cultivar Bourbon e aos de TOCI *et al.*, (2006) que relataram concentrações de 3,98% em grãos crus. Já MENDES (2005) e PERRONE *et al.*, (2008) encontraram teores mais próximos aos deste estudo, os valores médios encontrados nestes estudos foram de 4,42% e 6,67%, respectivamente, para café arábica variedade Mundo Novo. Esta diferença observada na concentração de 5-CQA entre diferentes autores pode ter ocorrido em função das variedades, das diferentes condições climáticas e do tipo de processamento ao qual foram submetidos os cafés estudados.

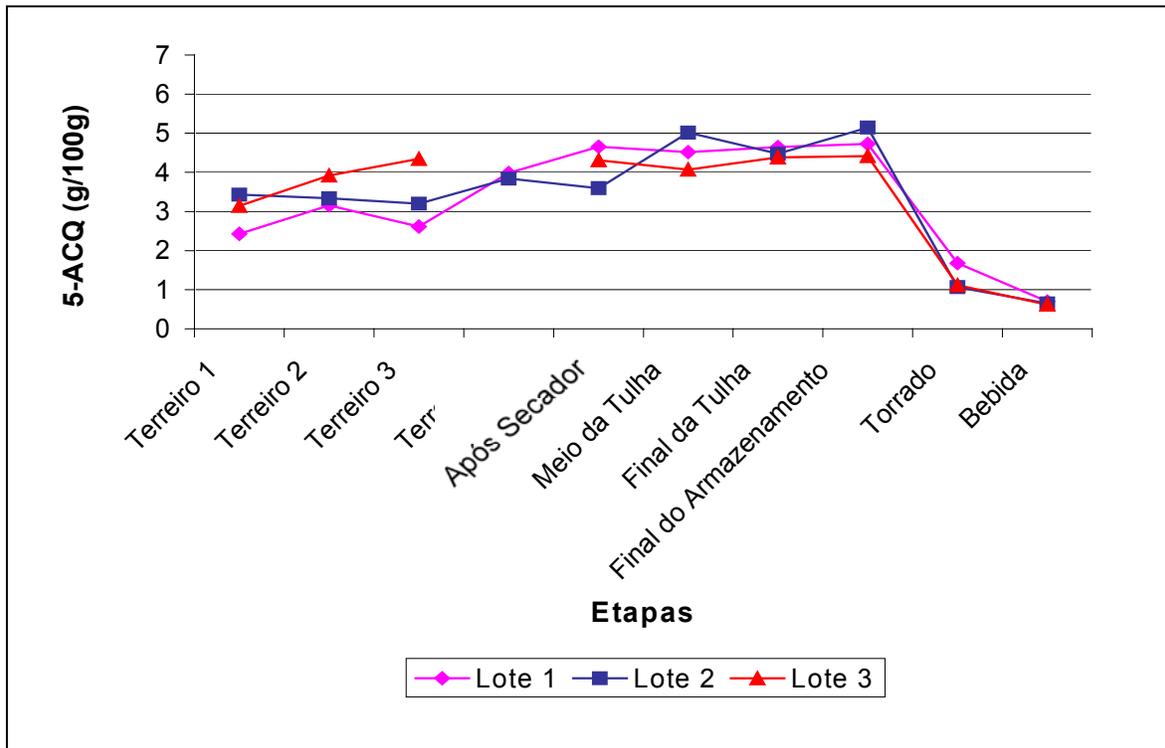
Também na Tabela 10, observou-se que os três lotes diferiam significativamente entre si para a maioria das etapas estudadas. O lote que apresentou maior concentração de 5-CQA foi o lote 2, no qual, 100% dos frutos foram colhidos no estádio cereja. Este dado está contraditório quando comparado com outros trabalhos que avaliaram o teor de ácidos clorogênicos totais em grãos de café cru colhidos em diferentes estádios de maturação. De acordo com a literatura amostras contendo frutos verdes apresentam concentrações de ACGs totais mais elevadas. Porém torna-se complicado avaliar e concluir o motivo pelo qual o lote (L2) apresentou teores mais elevados do 5-CQA que o lote (L1) para a maioria das etapas analisadas no presente trabalho, já que não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem o teor dos monoisômeros 3, 4 e 5 do CQA em grãos crus colhidos em diferentes estádios de maturação.

Conforme Figura 13, o teor de 5-CQA tende a aumentar ao longo do processamento pós-colheita para os três lotes, apesar de apresentarem pequenas quedas entre algumas etapas. A maior queda no teor desta variável ocorre após a torração e sua concentração cai ainda mais na bebida.

A queda observada após a torração também foi observada em estudos como os de (FARAH *et al.*, 2006; MENDES, 2005 e FARAH *et al.*, 2005). Os teores encontrados estão próximos aos citados por estes autores que encontraram valores de 0,78; 0,94 e 1,10%, respectivamente para grãos de café torrados. Esta pequena diferença na variação dos teores encontrados em diferentes trabalhos e até mesmo a diferença significativa encontrada entre os três lotes avaliados neste trabalho, pode ser atribuída ao tempo e conseqüentemente ao tipo de torração realizada.

Segundo FARAH *et al.*, (2005), a queda ocorrida no teor de 5-CQA se deve a inúmeras reações que podem ocorrer durante a torração, tais como: isomerização, hidrólise, oxidação,

fragmentação, polimerização e associação com proteínas desnaturadas. A alta temperatura durante o processo de torração causa a quebra do carbono vinculado ao ACG, resultando em isomerização e degradação da molécula. Depois de 5 minutos de torração o nível de 5-CQA diminui substancialmente, cerca de 60%.



**Figura 13:** Variação do teor do (5-CQA), durante as etapas do processamento para os três diferentes lotes colhidos em diferentes estádios de maturação

Na bebida também foram encontrados teores consideráveis de 5-CQA. O que já era esperado já que ácidos clorogênicos (ACGs) são facilmente solubilizados em água quente e, portanto deveram estar presentes na bebida.

#### IV. 4.4. Isômeros 3 e 4-CQA

O resultado dos valores médios do teor do isômero 3-CQA durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação (Lote 1, Lote 2 e Lote 3) estão apresentados na Tabela 11. Observou-se que o lote (L1) apresentou uma instabilidade nos teores de 3-CQA, ora com valores maiores, ora com valores menores durante as etapas do processamento. Para os lotes (L1 e L2) as primeiras etapas de secagem

foram as que apresentaram diferenças significativas entre si ( $p \leq 0,05\%$ ), a partir da etapa - Terreiro 4, as amostras de grãos crus não apresentaram diferença significativa entre si. Para o lote (L3) observou-se uma maior estabilidade na variável analisada, na qual somente a etapa - Terreiro 1, diferiu significativamente das outras etapas.

**Tabela 11:** Concentrações médias em (g/100g) ácido clorogênico 3-CQA para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	0,32 ± 0,01 <b>fC*</b>	0,45 ± 0,01 <b>edB</b>	0,51 ± 0,02 <b>eA</b>
Terreiro 2 (T2)	0,48 ± 0,05 <b>deB</b>	0,36 ± 0,02 <b>eC</b>	0,60 ± 0,05 <b>cdA</b>
Terreiro 3 (T3)	0,40 ± 0,03 <b>feC</b>	0,45 ± 0,02 <b>edB</b>	0,67 ± 0,04 <b>cbA</b>
Terreiro 4 (T4)	0,61 ± 0,08 <b>dc</b>	0,55 ± 0,01 <b>cd</b>	
Após Secador	0,64 ± 0,01 <b>cA</b>	0,56 ± 0,01 <b>cB</b>	0,68 ± 0,01 <b>bA</b>
Meio da Tulha	0,61 ± 0,07 <b>dcA</b>	0,69 ± 0,01 <b>bA</b>	0,64 ± 0,05 <b>cbA</b>
Final da Tulha	0,65 ± 0,02 <b>cA</b>	0,64 ± 0,01 <b>cbA</b>	0,68 ± 0,03 <b>bA</b>
Final do Armazenamento	0,69 ± 0,01 <b>cA</b>	0,69 ± 0,01 <b>bA</b>	0,64 ± 0,02 <b>cbA</b>
Torrado	0,88 ± 0,02 <b>bA</b>	0,57 ± 0,13 <b>cB</b>	0,55 ± 0,01 <b>edB</b>
Bebida	1,07 ± 0,03 <b>aA</b>	0,96 ± 0,06 <b>aB</b>	0,92 ± 0,06 <b>aC</b>

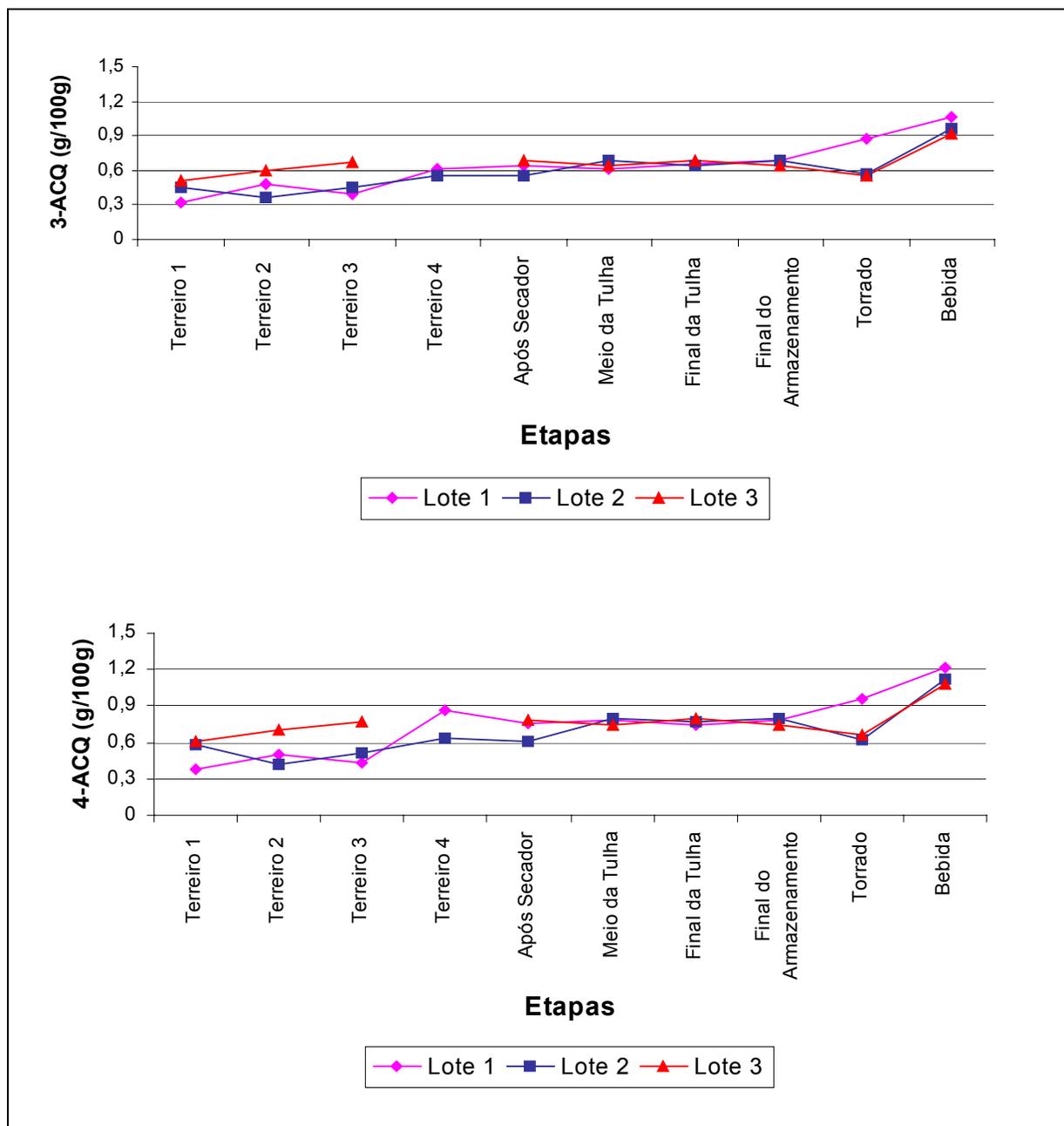
\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ).

Avaliando a existência de diferença significativa entre os estádios de maturação estudados, observou-se que os três estádios (L1, L2 e L3) apresentaram diferença significativa entre si, somente entre as etapas de secagem em terreiro e, que finalizado o processo de secagem, os lotes não apresentaram mais diferença entre si.

Com relação à variação ocorrida com os isômeros 3-CQA e 4-CQA durante o processamento do café, na Figura 14 é possível verificar que ambos apresentaram comportamentos semelhantes, sendo observado um pequeno aumento em suas concentrações durante o pós-colheita.

Para o isômero 4-CQA na Tabela 12 encontra-se o resultado dos valores médios da concentração deste, durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três diferentes estádios de maturação (L1, L2, L3). Observou-se que para os três lotes

avaliados, assim como na avaliação do isômero 3-CQA, o valor deste isômero apresentou-se ora com valores maiores e ora com valores menores. As diferenças significativas entre as etapas a ( $p \leq 0,05\%$ ) ocorreram também entre algumas etapas iniciais de secagem em terreiro.



**Figura 14:** Variação do teor dos isômeros 3-CQA e 4-CQA durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes colhidos em diferentes estádios de maturação

Na Tabela 12 também se nota que houve diferença significativa entre os três lotes nas etapas iniciais de secagem, assim como no isômero 3-CQA. A partir da secagem em secador estes valores não diferem entre si e apresentam valores muito próximos entre uma etapa e outra.

**Tabela 12:** Concentrações médias em (g/100g) de ácido clorogênico 4-CQA para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	0,38 ± 0,01 g <b>B*</b>	0,58 ± 0,01 dc <b>A</b>	0,61 ± 0,03 e <b>A</b>
Terreiro 2 (T2)	0,50 ± 0,01 f <b>B</b>	0,42 ± 0,02 e <b>C</b>	0,70 ± 0,03 ced <b>A</b>
Terreiro 3 (T3)	0,43 ± 0,01 g <b>C</b>	0,51 ± 0,07 de <b>B</b>	0,77 ± 0,01 cb <b>A</b>
Terreiro 4 (T4)	0,87 ± 0,01 c	0,63 ± 0,01 c	
Após Secador	0,76 ± 0,02 de <b>A</b>	0,61 ± 0,02 dc <b>B</b>	0,78 ± 0,02 cb <b>A</b>
Meio da Tulha	0,78 ± 0,03 e <b>A</b>	0,80 ± 0,08 b <b>A</b>	0,74 ± 0,06 cbd <b>A</b>
Final da Tulha	0,74 ± 0,01 dc <b>A</b>	0,77 ± 0,01 b <b>A</b>	0,80 ± 0,03 cb <b>A</b>
Final do Armazenamento	0,78 ± 0,04 de <b>A</b>	0,80 ± 0,08 b <b>A</b>	0,74 ± 0,06 b <b>A</b>
Torrado	0,96 ± 0,01 b <b>A</b>	0,62 ± 0,02 dc <b>B</b>	0,66 ± 0,02 ed <b>B</b>
Bebida	1,22 ± 0,05 a <b>A</b>	1,12 ± 0,03 a <b>B</b>	1,08 ± 0,01 a <b>C</b>

\* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ )

Os teores destes dois monoisômeros (3 e 4-CQA) em grãos crus variaram de 0,32 a 0,69% e de 0,38 a 0,80%, respectivamente. Trabalhos como os de MENDES (2005); PERRONE *et al.*, (2008) e FARAH *et al.*, (2005), citaram valores médios de 0,92 e 1,10%; 1,2 e 1,0%; 0,54 e 0,48% de 3 e 4-CQA, respectivamente para grãos de café arábica.

Já para grãos torrados estes teores sofreram um pequeno aumento e seus teores variaram de 0,55 a 0,88% para o 3-CQA e de 0,62 a 0,96% para o 4-CQA. Autores como TRUGO e MACRAE (1984) e FARAH e DONANGELO (2006), explicaram em seus trabalhos que o aumento pode ocorrer em função da decomposição do isômero 5-CQA em 3 e 4-CQA através de inúmeras reações químicas ocorridas e já citadas anteriormente durante a torração.

Na bebida, além do 5-ACQ, também foram encontrados teores ainda maiores destes outros dois monoisômeros, variando na faixa de 0,96 a 1,22%. Este fato pode ser considerado

benéfico sob ponto de vista biológico, tendo em vista a atividade antioxidante e propriedade antiinflamatória dessa classe de compostos. Trabalhos como os de MENDES (2005) também encontraram consideráveis concentrações de 3, 4 e 5-CQA na bebida.

Estudos da literatura que avaliaram a concentração dos ácidos clorogênicos 5-CQA e seus isômeros 3 e 4-CQA, assim como neste trabalho observaram uma maior concentração nos teores de 5-CQA para grãos crus seguida pelos monoisômeros 4 e 3-CQA e que após a torração o 5-CQA tem seu valor reduzido seguido por um acréscimo no valor dos outros dois isômeros.

Com relação à qualidade da bebida, pode-se dizer que os teores encontrados nos grãos crus e torrados são teores relativamente baixos com relação a outros dados já reportados, sendo esta uma característica importante e desejada no caso deste trabalho que teve como objetivo trabalhar no monitoramento de grãos para a produção de bebida de qualidade.

É sabido que a qualidade sensorial da bebida está inversamente relacionada com a quantidade de ácidos clorogênicos presentes nos grãos. Segundo PERRONE *et al.*, (2008) este composto é importante para o desenvolvimento do "flavor" durante a torração e tem forte influência sobre a adstringência da bebida. Mesmo em baixa concentração seu impacto na qualidade da bebida pode ser significativo, portanto quanto menor o teor de clorogênicos melhor a qualidade da bebida.

#### **IV.5. ANÁLISE DE AÇÚCARES (SACAROSE, FRUTOSE E GLICOSE)**

A importância dos carboidratos em café pode ser atribuída não só por sua alta concentração nos grãos, mas também pelas complexas alterações que ocorrem nos grãos quando submetidos ao processo de torração, contribuindo para a formação do sabor e aroma da bebida. Maiores concentrações de açúcares no grão cru permitem um aumento na participação destes compostos nas reações do processo de torração. Substâncias voláteis são formadas a partir da combinação dos açúcares com as proteínas, que são responsáveis, em grande parte, pelo aroma do café (ILLY e VIANI, 1996).

A sacarose é o açúcar de baixo peso molecular mais abundante no café e seu teor pode variar de 5 a 9% base seca em grãos da espécie arábica, podendo chegar a 12% (ROGERS *et al.*, 1999). A natureza e o conteúdo deste açúcar são de primordial importância para o "flavor" do café, de pigmentos e outros compostos de alto peso molecular formados pela condensação e caramelização durante o processo de torrefação. Não somente a sacarose, como também

outros glicídeos e polissacarídeos, são de importância para o aroma do café. A principal família de compostos voláteis gerada por estes açúcares são os furanos, que contribuem consideravelmente para as características sensoriais do café torrado (TOCI *et al.*, 2006).

Sementes de café também possuem pequenas quantidades de açúcares simples, incluindo redutores (CLIFFORD, 1985). Normalmente estaquiose, arabinose, galactose, glicose, frutose, manose entre outros são encontrados em pequenas quantidades, abaixo de 1%.

Segundo ILLY e VIANI (1998), pequenas quantidades de glicose e frutose podem ser encontradas em bebidas preparadas com grãos que sofreram torração clara (inversão da sacarose), sendo a concentração da glicose inversamente correlacionada com o impacto do aroma e positivamente com a doçura da bebida, enquanto a frutose se correlaciona negativamente com este atributo.

REDGWELL e FISCHER (2005), relatam em seus estudos que nos primeiros estágios de desenvolvimento do fruto até o meio do estágio de maturação, glicose e frutose são os açúcares presentes em maior concentração, sendo que a glicose possui o dobro da concentração da frutose. Os altos níveis de glicose na variedade arábica variam de 8 a 12% em massa seca e na variedade robusta de 2 a 4%. No final do desenvolvimento dos frutos, as concentrações de glicose e frutose diminuem em ambas as espécies para 0,03 e 0,04% em massa seca respectivamente, enquanto a sacarose apresenta-se com valores variando de 5 a 12% em massa seca, pois segundo ROGERS *et al.*, (1999) no fruto já maduro o decréscimo de açúcares redutores é acompanhado pelo acréscimo da sacarose.

Os valores mais elevados de açúcares podem indicar a presença de uma maior quantidade de frutos nos estádios cereja e seco/passa, representando um potencial de melhor qualidade para o café (PIMENTA, 1995).

Noventa por cento da sacarose presente no grão cru é degradada por uma leve torra, e a degradação é completa com torra escura; nesse caso, os teores de sacarose são muito pequenos. Alguns cafés torrados mostram um pequeno resíduo de glicose e frutose, devido à hidrólise da sacarose, aumentando o conjunto de substâncias disponíveis para a reação de Maillard com o grupo amino (BOAS *et al.*, 2001).

Durante a torração, a sacarose é inicialmente desidratada e então hidrolisada. Açúcares redutores são formados e, com a continuidade do processo, estes açúcares sofrem nova desidratação e polimerização. Como produtos formados têm-se compostos orgânicos voláteis, água e dióxido de carbono. A degradação da sacarose está associada à formação do aroma do

produto final e a presença de ácidos carboxílicos nos gases da torrefação (VITORINO *et al.*, 2001).

#### **IV.5.1. Materiais e Métodos**

##### *IV.5.1.1. Matéria-prima*

A matéria prima utilizada encontra-se descrita no item *IV.2.1.1* deste capítulo.

##### *IV.5.1.2. Descrição das etapas monitoradas e analisadas*

As etapas monitoradas encontram-se descritas no item *IV.2.1.2* deste capítulo.

##### *IV.5.1.3. Amostras analisadas*

Café Cru: Grãos crus referentes ao monitoramento das etapas pós-colheita.

Café Torrado: Grão torrado e moído

##### *IV.5.1.4. Preparo das amostras*

Para os lotes de café 1 e 2 foram analisadas um total de nove amostras, sendo sete amostras crus e uma amostra de café torrado (torra clara). Para o lote 3, foi analisado um total de oito amostras, sendo sete amostras de café cru e uma de café torrado. É importante ressaltar que, como descrito no capítulo II, o lote 3 possui uma amostra a menos, devido ao seu menor tempo de secagem em terreiro.

A preparação das amostras em laboratório ocorreu conforme descrito no item *IV.2.1.4*

##### *IV.5.1.5. Extração nos cafés crus e torrados*

Foram adicionados aproximadamente 25 mL de água MilliQ a 80°C em 2 g de amostra moída (cru e torrada) previamente pesados em frasco âmbar em balança analítica. Esta solução foi levada no banho-maria a 80°C com agitação a 150 rpm por 45 minutos. Após banho-maria, esperou-se a solução esfriar e esta foi transferida para um balão volumétrico calibrado de 50 mL, no qual foram adicionados 2 mL de creme de alumina. O volume foi então completado com

---

água MilliQ, a solução foi agitada, deixada em repouso por 10 minutos e então filtrada em papel qualitativo Whatman 1.

Após a filtração, uma alíquota de 1,5 mL do extrato foi pipetada para um balão volumétrico calibrado de 5 mL e o volume foi completado com acetonitrila grau (P.A).

Antes de cada injeção no equipamento todos os extratos foram filtrados em filtro Milipore HATF 0,45  $\mu\text{m}$  e cada extrato foi injetado em triplicata no cromatógrafo.

#### **IV.5.2. Avaliação dos Critérios de Desempenho do Método de Validação: Açúcar**

##### *IV.5.2.1. Seletividade e especificidade*

A seletividade e especificidade do método foram determinadas analisando-se cromatograficamente e individualmente o branco da amostra, o branco dos reagentes e a amostra adicionada do padrão puro de sacarose, frutose e glicose, para verificar a ausência de picos interferentes nos cromatogramas.

##### *IV.5.2.2. Repetibilidade do equipamento*

Foi verificada a repetibilidade da injeção do equipamento injetando-se cinco vezes um *pool* dos padrões correspondente a 0,20  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados. Calculou-se a média e o desvio padrão das cinco replicatas.

##### *IV.5.2.3. Linearidade*

A linearidade foi determinada por meio de curva de calibração, que foi estabelecida com 11 concentrações que abrangeram a faixa de 0,25 a 30  $\mu\text{g}$  em 20  $\mu\text{L}$ . A solução de cada concentração foi injetada em triplicata e foram determinados os coeficientes angular e linear da reta de regressão. A seguir, foi aplicado o teste estatístico para a determinação da linearidade para as 11 concentrações e 2 graus de liberdade, com p de 0,05. Foram determinados, em seguida, os intervalos de confiança dos valores dos coeficientes angular e linear da reta de regressão. Para confirmação da linearidade da curva foram aplicados os seguintes testes

estatísticos: teste para outliers baseado no resíduo Jackknife, teste de normalidade dos resíduos e teste de Levene modificado para homogeneidade da variância dos resíduos da regressão.

A equação da reta obtida pelo método dos mínimos quadrados para a sacarose é representada pela fórmula:  $Y = 7292,4X + 3203,5$  e o valor do coeficiente de correlação (r) obtido foi de: 0,9993.

Para a glicose a equação é:  $Y = 6199,7X + 3388,6$  e o (r) 0,9993

Para a frutose a equação é:  $Y = 7336,7X + 3360,3$  e o (r) 0,9995

#### IV.5.2.4. Recuperação do analito

A eficiência do método foi determinada mediante o cálculo da porcentagem de recuperação para os três açúcares analisados, segundo o seguinte procedimento:

- Foram analisadas triplicatas do pool dos açúcares (sacarose, frutose e glicose) em três níveis de concentração: Baixo, médio e alto, correspondentes a sete concentrações: 0,25; 2; 2,5; 5; 10; 15; 20  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados no cromatógrafo e que não passaram pelo processo de extração;
- Foram analisadas triplicatas do *pool* dos açúcares em três níveis de concentração: Baixo, médio e alto, correspondentes a sete concentrações: 0,25; 2; 2,5; 5; 10; 15; 20  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados no cromatógrafo e que passaram pelo processo de extração.
- Foram analisadas triplicatas do branco da amostra, submetidos ao processo de extração e quantificação.

Foram calculados a média, o desvio padrão, a presença de pontos aberrantes utilizando o teste de Grubbs, as recuperações (R%) e os coeficientes de repetitividade (CVR) e reprodutibilidade (CVR) dos resultados de cada concentração. Após o cálculo da recuperação, média M (média de todas as recuperações das sete concentrações) e o desvio padrão relativo (CV%) das medias, verificou-se se a recuperação média diferiu ou não de 100% por meio da seguinte fórmula:

$$\% \text{ Recup. (\%)} = \frac{\text{conc. encontrada} - \text{conc. branco amostra}}{\text{conc. da amostra adicionada}} \times 100$$

Na Tabela 13, encontram-se expressos a porcentagem de recuperação para a sacarose, frutose e glicose nas sete concentrações avaliadas.

**Tabela 13:** Porcentagem de recuperação de sacarose, frutose e glicose

Concentrações ( $\mu\text{g}/20 \mu\text{L}$ )	Recuperação de Sacarose (%)	Recuperação de Frutose (%)	Recuperação de Glicose (%)
2	73,97	128,80	130,92
2,5	78,64	101,59	107,95
5	96,73	102,93	103,87
10	96,34	100,25	109,82
15	99,90	105,29	107,80
20	98,68	101,77	106,38

Na Tabela 13 observou-se que a porcentagem de recuperação para a concentração de 2,0  $\mu\text{g}/20 \mu\text{L}$  foi insatisfatória para os três açúcares analisados, e relativamente baixa para a sacarose, na concentração de 2,5  $\mu\text{g}/20 \mu\text{L}$ , segundo (RIBANI *et al.*, 2004). Já para as concentrações mais altas as porcentagens de recuperação apresentaram valores satisfatórios. Os níveis insatisfatórios de recuperação encontrados para os pontos de menor concentração já era esperada, devido à baixa sensibilidade do tipo de detector utilizado e não apresentou problema para o presente trabalho já que as concentrações de açúcares encontrados nas amostras de café analisadas foram maiores que 5  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados, para a maioria das amostras.

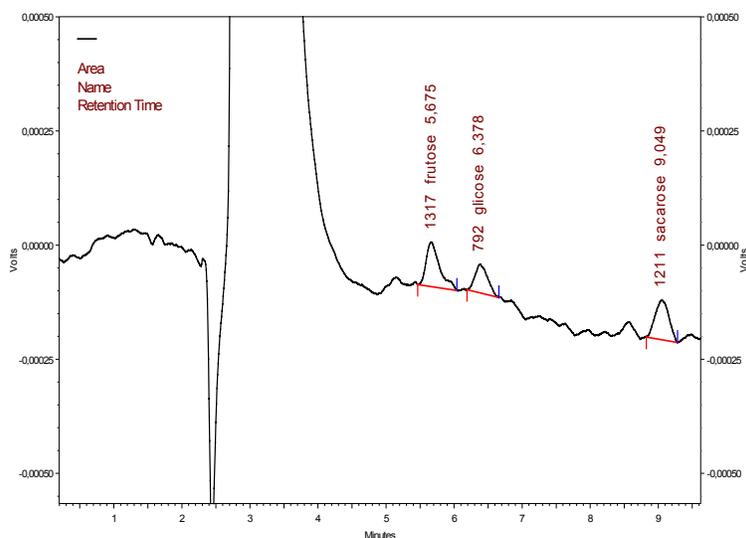
#### IV.5.2.5. Limites de detecção e quantificação do equipamento

O limite de detecção do equipamento foi determinado segundo (QUATROCCHI *et al.*, 1992). Após cálculo do coeficiente angular da reta de calibração (b), obteve-se uma nova curva de calibração injetando-se em triplicata um *pool* dos padrões de açúcar nas concentrações de 0,10; 0,15; 0,20  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados. Com base na equação da reta obtida, determinou-se a interseção com eixo y, ou seja, o valor do coeficiente linear da reta ( $Y_{bl}$ ). A seguir, determinaram-se os desvios-padrão das replicatas de cada concentração, e construiu-se uma curva de concentração x desvio-padrão e, como no caso anterior, calculou-se o coeficiente linear desta nova reta ( $S_{bl}$ ). Os limites foram calculados como:

$$\text{LDE} = (Y_{bl} + 3 \times S_{bl})/b$$

$$\text{LQE} = (Y_{bl} + 10 \times S_{bl})/b$$

Os limites de detecção e quantificação do equipamento para os três açúcares analisados foram de 0,20 µg, e 0,40 µg nos 20 µL injetados, respectivamente. Na Figura 15, encontra-se o cromatograma do limite de detecção do equipamento.



**Figura 15:** Cromatograma do limite de detecção do equipamento para o *pool* dos padrões de açúcares (sacarose, frutose e glicose)

#### IV.5.2.6. Limites de detecção e quantificação do método

Os limites, em µg, de detecção e quantificação do método (LDM) e (LQM), respectivamente, foram calculados levando-se em conta a porcentagem de recuperação da amostra adicionada, uma vez que esta diferiu de 100%, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{LDM} = (\text{LDE}/\text{rec}\%)\times 100$$

$$\text{LQM} = (\text{LQE}/\text{rec}\%)\times 100$$

Uma vez que a recuperação da sacarose diferiu estatisticamente de 100% os limites de detecção e quantificação do método foram corrigidos em relação aos do equipamento, resultando em 0,23 µg e 0,45 µg nos 20 µL injetados, respectivamente.

Para a frutose os LDM e LQM foram de 0,198  $\mu\text{g}$  e 0,40  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados

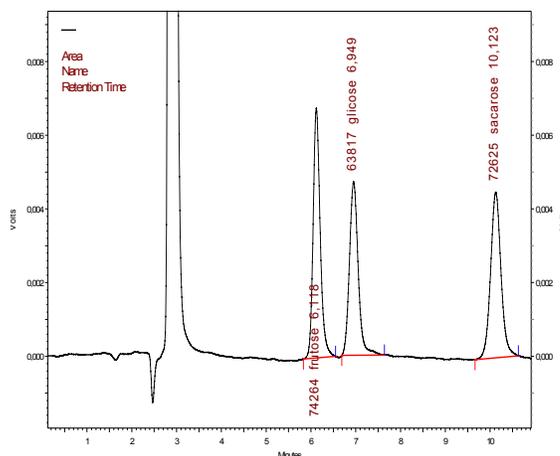
Para a glicose os LDM e LQM foram de 0,18  $\mu\text{g}$  e 0,37  $\mu\text{g}$  nos 20  $\mu\text{L}$  injetados

#### IV.6. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS AÇÚCARES

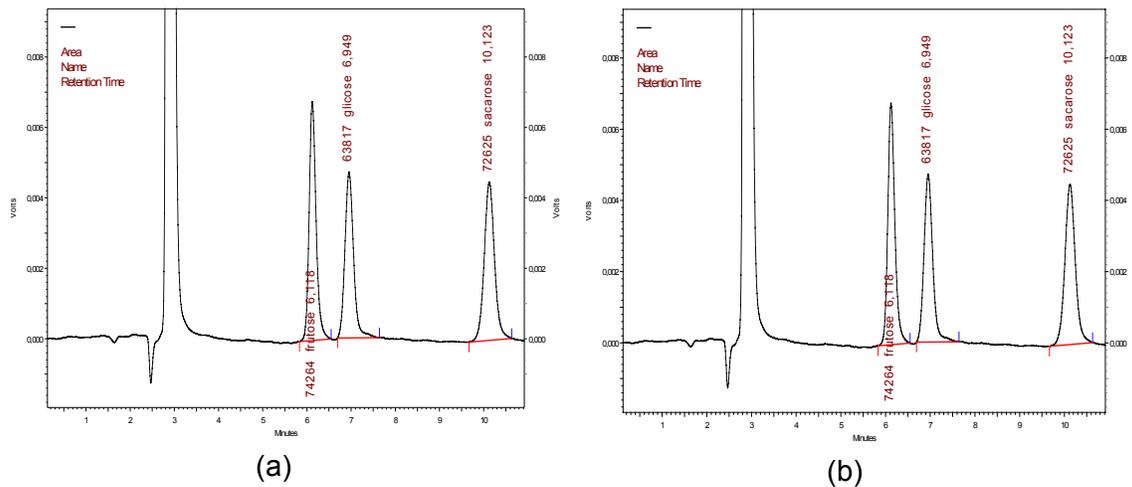
A separação dos picos dos açúcares ocorreu em HPLC utilizando-se uma coluna (Merck-Lichrospher 100  $\text{NH}_2$ , 5  $\mu\text{m}$ , 250 x 4 mm), em um cromatógrafo Shimadzu, composto de bomba quaternária, injetor automático, sistema de degaseificação por membrana, forno, controladora e um detector de índice de refração com “loop” de 20  $\mu\text{L}$ , o software utilizado foi o CLASS-VP. A fase móvel foi acetonitrila grau HPLC e água (80:20 v/v) com fluxo de 1,0 mL/min, conforme TOCI *et al.*, (2006).

Os padrões utilizados foram os de sacarose, frutose e glicose da Sigma. Para a identificação e quantificação dos açúcares foi injetado um *pool* dos três padrões com concentrações conhecidas, segundo cromatograma ilustrado na Figura 16.

A quantificação dos três açúcares se deu através da utilização da curva de calibração externa construída para cada um dos açúcares. Os cromatogramas referentes às amostras de café cru e torrado são ilustrados na Figura 17.



**Figura 16:** Cromatograma do pool dos padrões de açúcar (sacarose, frutose e glicose), referentes ao ponto de 10  $\mu\text{g}$ / 20  $\mu\text{L}$  da curva de calibração



**Figura 17:** Cromatogramas dos açúcares (sacarose, frutose e glicose) presentes nas amostras de cafés cru (a) e torrado (b)

## IV.7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### IV. 7.1 Análise Estatística

Para a realização deste estudo não foi realizado nenhum delineamento experimental. Foram utilizados três tratamentos (Lote 1, Lote 2 e Lote 3) e as análises realizadas para cada etapa estudada foram feitas em triplicada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, para comparação das médias, utilizou-se o teste de TUKEY a 5% de probabilidade, empregando-se o pacote computacional Statistical Analysis Systems (SAS), versão 6.0.

### IV.7.2. Sacarose

O resultado dos valores médios do teor sacarose durante as etapas de processamento pós-colheita dos cafés avaliados nos três diferentes estádios de maturação Lote 1, Lote 2 e Lote 3, estão na Tabela 14. O teste de TUKEY demonstrou que ao longo do processamento, os lotes 1 e 2 apresentaram comportamentos semelhantes, sendo que as etapas T1, T2 e T3 não diferiram entre si, mas diferiram significativamente a ( $p \leq 0,05\%$ ) de todas as outras etapas. Também mostrou que, após a secagem em secador rotativo, não existiu diferença significativa

entre as demais etapas para o lote 1 e 2. No lote 3 apenas a primeira etapa (T1) diferiu das demais. Em todos os três lotes houve diferença significativa entre grãos crus e grãos torrados.

Na Tabela 14 observou-se também que para os lotes (L1 e L2) a maior variação na concentração de açúcares nos grãos, ocorreu durante a secagem dos mesmos em terreiro. VILLELA (2002) que avaliou açúcares em cafés naturais durante o processo de secagem, também verificou uma grande variação no teor deste composto durante as primeiras 72 horas de secagem. Com base nestes dados, pôde-se destacar mais uma vez a importância da demanda de cuidado durante a secagem dos frutos em terreiro, pois devido ao alto teor de umidade das sementes, existem condições propícias para a ocorrência de eventos bioquímicos capazes de alterar a composição química do café, alterando sua qualidade final.

**Tabela 14:** Valores médios do teor de sacarose (g/100g) para os três diferentes lotes de cafés durante monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1 (L1)	LOTE 2 (L2)	LOTE 3 (L3)
Terreiro 1 (T1)	5,6 ± 0,3 <b>bB*</b>	5,8 ± 0,3 <b>dB</b>	7,3 ± 0,1 <b>bA</b>
Terreiro 2 (T2)	5,9 ± 0,1 <b>bB</b>	6,0 ± 0,2 <b>dcB</b>	8,8 ± 0,2 <b>aA</b>
Terreiro 3 (T3)	6,2 ± 0,1 <b>bB</b>	6,5 ± 0,2 <b>bcB</b>	8,6 ± 0,1 <b>aA</b>
Terreiro 4 (T4)	8,3 ± 0,2 <b>a</b>	8,0 ± 0,2 <b>b</b>	
Após Secador	8,2 ± 0,1 <b>aB</b>	8,3 ± 0,1 <b>abB</b>	8,7 ± 0,1 <b>aA</b>
Meio da Tulha	8,2 ± 0,2 <b>aAB</b>	8,0 ± 0,2 <b>bB</b>	8,6 ± 0,1 <b>aA</b>
Final da Tulha	7,7 ± 0,7 <b>aA</b>	8,0 ± 0,3 <b>bA</b>	8,6 ± 0,7 <b>aA</b>
Final do Armazenamento	8,7 ± 0,9 <b>aA</b>	8,7 ± 0,3 <b>aA</b>	8,5b ± 0,5 <b>aA</b>
Torrado	0,59 ± 0,06 <b>cA</b>	0,12 ± 0,03 <b>eC</b>	0,30 ± 0,01 <b>cB</b>

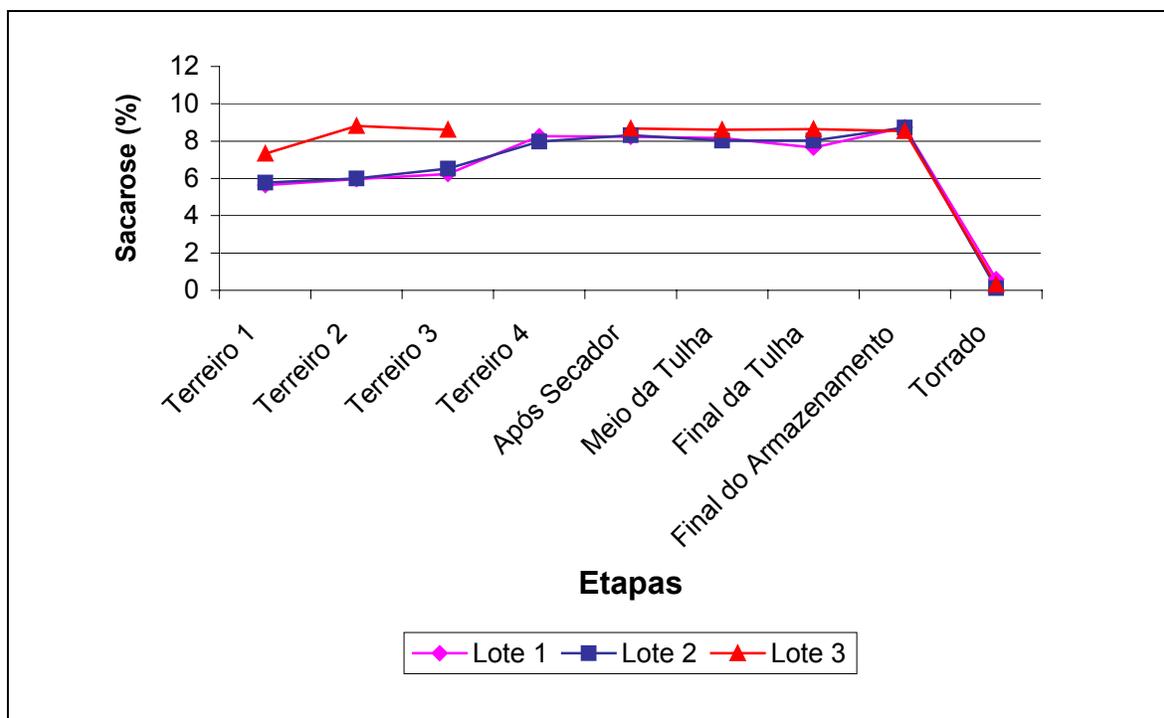
\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ )

Os teores de sacarose encontrados para os grãos crus variaram de 5,65% (início do processamento-Terreiro1) a 8,74% (Final do Armazenamento). Estes valores estão próximos aos encontrados por TOCI *et al.*, (2006) que encontraram valores médios de 9,65% para grãos crus de café arábica, aos de MURKOVIC e DERLEN (2006) que encontraram variação de 6,3 a 9,0% no teor de sacarose em grãos de café arábica, aos de ALCÁZAR *et al.*, (2006) que avaliando amostras de café crus encontraram teores de sacarose variando de 4,6% a 7,6% e

aos de KNOPP *et al.*, (2005) que encontraram teores médios de sacarose de 8% para grãos processados por via seca.

Com relação às diferenças existentes entre os estádios de maturação (L1, L2, L3), observou-se também na Tabela 14 que os lotes 1 e 2, não diferiram significativamente entre si, porém diferiram do lote 3.

Conforme o a Figura 18, observou-se que o comportamento da sacarose entre as etapas do processamento pós-colheita para o lote 1 e 2 são muito parecidos, apresentando inclusive valores muito próximos na concentração de sacarose entre uma etapa e outra para ambos os lotes. O lote 3 apresentou um comportamento semelhante na variação do teor de açúcar entre as etapas, porém apresentou um alto teor de sacarose logo no início do processo que se manteve alto durante todo processamento. Tal fato pode ser explicado pela colheita tardia dos frutos que foi realizada 45 dias após a primeira colheita. Segundo ROGERS (1999), REDGWELL e FISCHER (2006) o teor de sacarose nas sementes tende a aumentar conforme a maturação dos grãos. Logo, quanto mais maduro, maior o teor de sacarose.



**Figura 18:** Variação no teor de sacarose durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Trabalhos realizados por PIMENTA (1995) e PIMENTA (2001) que avaliou a composição química de grãos de cafés colhidos em épocas diferentes também constatou que os cafés colhidos tardiamente possuem uma maior concentração de açúcares. Os resultados deste trabalho demonstram que o fruto no estádio passa (bóia) apresenta elevados teores desses açúcares, uma vez que o lote 3 apresentou desde o início do processamento pós-colheita uma alta concentração de açúcares.

Os valores encontrados para o teor de sacarose em grãos torrados variaram entre 0,12 a 0,59%. Estes valores estão de acordo com os valores encontrados na literatura por TOCI *et al.*, (2006) que encontraram concentrações de 0,70% para grão de torra clara e aos de MENDES (2005) que encontrou teor médio de 0,50% para grãos torrados de café arábica.

Segundo trabalhos de FERNANDES *et al.*, (2003) e PINTO *et al.*, (2002) a brusca queda no teor de sacarose entre o grão cru e torrado pode ser explicada pela decomposição da sacarose em glicose e frutose, após hidrólise ocorrida durante o processo de torração.

#### IV.7.3. Frutose

Os valores médios do teor de frutose nos grãos durante o monitoramento das etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três lotes (L1, L2, L3) estão expressos na Tabela 15. O teste de TUKEY demonstrou que ao longo do processamento, os lotes 1 e 2 apresentaram comportamentos semelhantes, sendo que as etapas T1, T2 e T3 e T4 diferem significativamente a ( $p \leq 0,05\%$ ) de todas as outras etapas. E que, a partir da etapa - Após Secador, não existe diferença significativa entre esta e as demais etapas para o lote 1 e 2. No lote 3 apenas a primeira etapa (T1) diferiu significativamente das demais.

Os teores de frutose encontrados para os grãos crus representantes da última etapa do processamento (Final do Armazenamento) variaram de 0,09 a 0,21% entre os três lotes analisados. Estes valores estão de acordo com os valores encontrados por MENDES (2005) e MURKOVIC e DERLEN (2006) que encontraram valores médios de 0,14% em grãos verdes de café arábica e não detectado a 0,19%, respectivamente. KNOPP *et al.*, (2005) encontraram teores médios de frutose de 0,33% para frutos processados por via seca e para via úmida encontraram valores de 0,05% para frutose.

**Tabela 15:** Valores médios do teor de frutose (g/100g) para os três diferentes lotes de cafés, durante monitoramento das etapas pós-colheita

ETAPAS	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
Terreiro 1(T1)	3,3 ± 0,1 <b>bA*</b>	3,3 ± 0,1 <b>bA</b>	2,83 ± 0,1 <b>aB</b>
Terreiro 2 (T2)	3,6 ± 0,1 <b>aA</b>	3,7 ± 0,1 <b>aA</b>	0,20 ± 0,03 <b>bcB</b>
Terreiro 3 (T3)	3,2 ± 0,1 <b>bA</b>	3,1 ± 0,1 <b>bA</b>	0,15 ± 0,02 <b>cdB</b>
Terreiro 4 (T4)	0,45 ± 0,01 <b>c</b>	0,47 ± 0,01 <b>c</b>	
Após Secador	0,20 ± 0,01 <b>dB</b>	0,29 ± 0,02 <b>dA</b>	0,18 ± 0,02 <b>cbB</b>
Meio da Tulha	0,28 ± 0,01 <b>dcA</b>	0,24 ± 0,01 <b>dAB</b>	0,24 ± 0,02 <b>bB</b>
Final da Tulha	0,20 ± 0,01 <b>dA</b>	0,20 ± 0,01 <b>dA</b>	0,07 ± 0,01 <b>dB</b>
Final do Armazenamento	0,21 ± 0,01 <b>dA</b>	0,2 ± 0,01 <b>dA</b>	0,09 ± 0,01 <b>dB</b>
Torrado	N.D**	N.D**	N.D**

\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ )      \*\*ND = (Não Detectado)

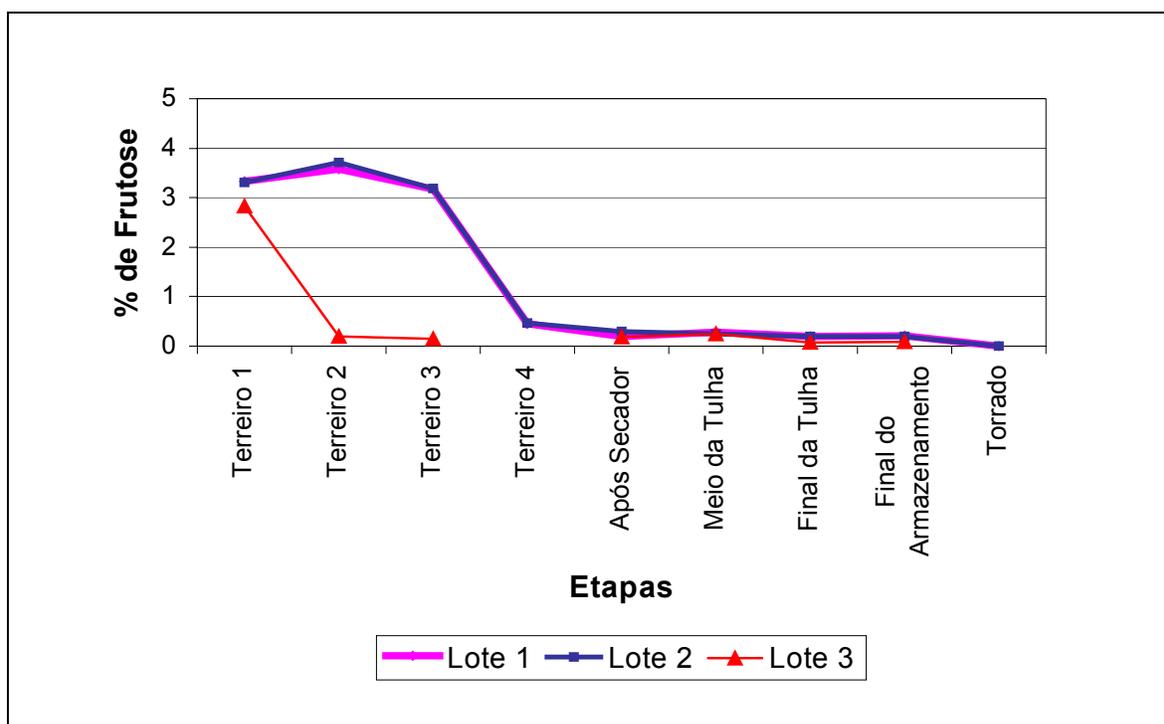
Conforme a Figura 19 observou-se que o comportamento da frutose entre as etapas do processamento pós-colheita para o lote 1 e 2 são muito parecidos, apresentando inclusive valores muito próximos na concentração de frutose entre as etapas para ambos os lote. Nestes dois lotes a concentração inicial de frutose é relativamente alta e sofre uma brusca queda após a etapa (T4). Este fato pode ser explicado, pela presença da mucilagem nos grãos que representavam as amostras coletadas nas etapas (T1, T2, T3), já que os frutos amostrados nestas etapas foram somente despulpados manualmente em laboratório para a realização das análises, enquanto os frutos a partir da etapa (T4) tiveram sua casca e membrana que envolve os grãos retirados pela máquina beneficiadora.

No caso do lote 3, as amostras representantes de todas as etapas subsequentes à etapa Terreiro 1, também foram beneficiadas para a realização das análises devido à dificuldade do despulpamento manual destes frutos que já vieram muito secos da árvore.

VILLELA (2002) que avaliou em seu trabalho a qualidade do café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem, observou que o café despulpado apresentou um menor valor para os açúcares redutores, possivelmente pela retirada da mucilagem durante o processamento destes grãos. KNOPP *et al.*, (2005) que estudaram os teores de açúcares em cafés arábica submetidos a três diferentes tipos de processamento encontraram teores médios de frutose de 0,33% para frutos processados por

via seca e para via úmida encontraram valores de 0,05% para frutose. Este estudo confirmaria a hipótese da queda brusca no teor da frutose entre as etapas iniciais (T1, T2, T3) com as demais etapas, estar relacionada à presença da mucilagem nos grãos analisados referentes às etapas iniciais de secagem para os lotes 1 e 2.

Com relação às diferenças existentes entre os estádios de maturação (L1, L2, L3), observou-se também na Tabela 15 que os lotes 1 e 2 não diferiram significativamente entre si, porém diferiram do lote 3 para quase todas as etapas. Porém, a escassez de trabalhos sobre o teor de açúcares redutores, como frutose e glicose, em grãos de café colhidos em diferentes estádios de maturação impede maiores comparações com os resultados obtidos.



**Figura 19:** Variação no teor de frutose durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Em grãos torrados, para os três lotes avaliados, não foi detectada a frutose. MENDES (2005) encontrou concentrações mínimas de 0,02% de frutose em grãos torrados de café arábica. A ausência de frutose ou até mesmo as baixas concentrações encontradas em grãos torrados, pode ocorrer em função da participação deste açúcar nas reações de Maillard com grupo amino durante o processo de torração.

#### IV.7.4. Glicose

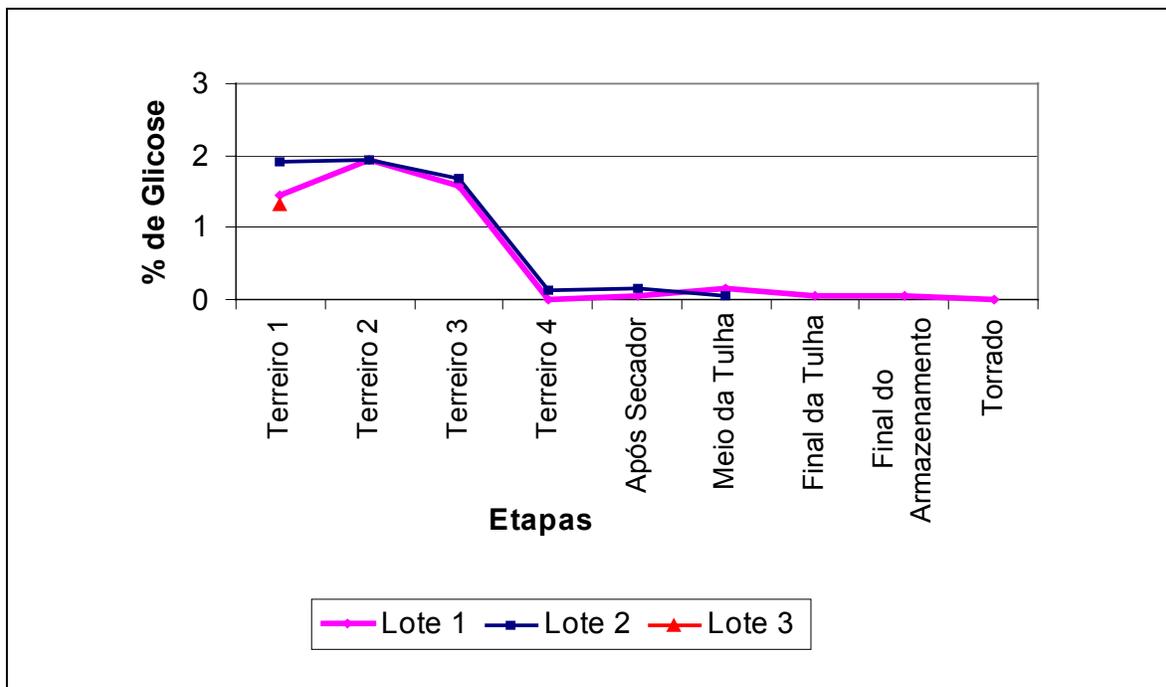
O resultado dos valores médios do teor de glicose nos grãos durante as etapas de processamento pós-colheita do café avaliados nos três lotes (L1, L2, L3) estão apresentados na Tabela 16. O teste de TUKEY demonstrou que ao longo do processamento, os lotes 1 e 2 apresentaram comportamentos semelhantes, sendo que as etapas T1, T2 e T3 diferem significativamente a ( $p \leq 0,05\%$ ) de todas as outras etapas. E que, a partir da etapa Após Secador, não existe diferença significativa entre esta e as demais etapas para o lote 1 e 2. No lote 3 somente a primeira etapa (T1) teve o teor de glicose quantificado.

**Tabela 16:** Valores médios do teor de glicose (g/100g) para os três diferentes lotes de cafés, durante as etapas do processamento

ETAPAS	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
Terreiro 1 (T1)	1,5 ± 0,2 <b>bB*</b>	1,91 ± 0,02 <b>aA</b>	1,32 ± 0,02 <b>aB</b>
Terreiro 2 (T2)	1,9 ± 0,1 a	1,94 ± 0,06 a	N.D***
Terreiro 3 (T3)	1,6 ± 0,2 b	1,7 ± 0,1 b	N.D***
Terreiro 4 (T4)	N.D***	0,12 ± 0,07 c	N.D***
Após Secador	0,06 ± 0,01 c	0,15 ± 0,07 c	N.D***
Meio da Tulha	0,15 ± 0,01 c	0,04 ± 0,02 c	N.D***
Final da Tulha	0,05 ± 0,01 c	Tr**	N.D***
Final do Armazenamento	0,04 ± 0,01c	Tr**	N.D***
Torrado	N.D***	N.D***	N.D***

\*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúscula em negrito na mesma linha, correspondem a diferença significativa entre as etapas do processamento e entre os lotes, respectivamente, a ( $p \leq 0,05$ ) \*\*TR = Traços:  $0,20 < \text{concentração } (\mu\text{g}/20\mu\text{l}) < 0,40$   
\*\*ND = ( Não Detectado)

Conforme Figura 20, observou-se que o comportamento da glicose entre as etapas do processamento pós-colheita para o lote 1 e 2 são muito parecidos, apresentando inclusive valores muito próximos na concentração de glicose entre as etapas para ambos os lotes. Nestes dois lotes observou-se o mesmo comportamento encontrado na quantificação da frutose, ou seja, uma brusca queda no teor de glicose a partir da etapa - Terreiro 4. Tal fato pode ser explicado pela presença da mucilagem nos grãos analisados, referentes às primeiras horas de secagem em terreiro, já que estes só foram despulpados e não beneficiados para a realização das análises.



**Figura 20:** Variação do teor glicose durante as etapas do processamento, para os três diferentes lotes, colhidos em diferentes estádios de maturação

Os teores de glicose encontrados nos grãos crus representam as últimas etapas do processamento, a qual se encontram dados na literatura, foram concentrações muito pequenas ou não foram detectados. Estes valores estão abaixo dos valores encontrados por MENDES (2005) que relatou valores médios de glicose de 0,14% para café arábica. MURKOVIC e DERLEN (2006) encontraram teores de glicose em café arábica que variaram de não detectado a 0,22%. KNOPP *et al.*, (2005) encontraram teores médios de glicose de 0,30% para frutos processados por via seca e de 0,03% para processados por via úmida. O que comprovaria o fato de que a retirada da mucilagem dos grãos também diminuiu em muito o teor açúcares redutores (glicose e frutose) dos grãos.

KNOPP *et al.*, (2005) cita que comparando a sacarose com os monossacarídeos frutose e glicose, estes ocorrem em níveis 20 vezes menor. O conteúdo de oligossacarídeos, estaquiose, rafinose é aproximadamente 100 vezes menor que a sacarose e por último os monossacarídeos galactose, arabinose e manose são detectados em concentrações muito baixas.

Com relação às diferenças existentes entre os estádios de maturação (L1, L2, L3), observou-se também na Tabela 16 que os lotes 1 e 2 não diferiram significativamente entre si, porém diferiram do lote 3 para quase todas as etapas. Como já citado acima, a falta de

trabalhos que avaliam este tipo de açúcar em café impede maiores comparações com relação à diferença entre os estádios de maturação aqui estudados.

Em grãos torrados para os três lotes avaliados não foi detectada a presença de glicose. MENDES (2005) encontrou baixos teores de glicose, 0,03%, para grãos torrados de café arábica. O motivo da ausência ou até mesmo das baixas concentrações deste açúcar encontradas em grãos torrados, assim como no caso da frutose também ocorre em função da participação destes dois tipos de açúcares (redutores) nas reações de Maillard com grupo amino durante o processo de torração.

#### IV.8.CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos nas condições experimentais, conclui-se que:

1) Com relação à variação ocorrida na concentração de ácidos clorogênicos do grão durante o processamento pós-colheita nos diferentes estádios de maturação avaliados:

- O teor de 5-CQA tende a aumentar durante o processamento dos grãos.
- Os teores de 5-CQA se mantiveram instáveis durante as etapas de secagem em terreiro. Porém após a etapa de secagem em secador rotativo, estas concentrações quase não sofreram alterações, se mantendo estáveis até o final do armazenamento.
- Os três lotes estudados diferiram significativamente entre si com relação ao teor do monoisômero 5-CQA em grãos crus. O lote que apresentou a maior concentração desta variável foi o lote 2, no qual 100% dos frutos foram colhidos no estágio cereja.
- Durante o processo de torração ocorre uma redução no teor de 5-CQA. Durante a preparação da bebida este valor sofreu mais redução, porém este composto ainda foi encontrado nas bebidas produzidas a partir dos três tipos de grãos estudados.
- Os teores dos isômeros 3 e 4 não apresentaram uma tendência definida de aumento ou diminuição durante o processamento, apresentando valores ora menores e ora maiores entre uma etapa e outra.
- Durante o processo de torração foi observado um pequeno aumento na concentração dos monoisômeros 3 e 4-CQA.

- Na bebida, além do 5-CQA, foram encontradas concentrações ainda maiores dos isômeros 3 e 4-CQA.
- A falta de estudos relativos à quantificação de ácidos clorogênicos individuais durante o processamento pós-colheita do café, e em grãos colhidos em diferentes estádios de maturação impediu maiores comparações e conclusões a respeito deste assunto. Sendo importante à realização de futuros trabalhos que venham a avaliar as alterações físico-química dos grãos durante o processamento pós-colheita. Desta forma seria possível verificar onde ocorrem as alterações que podem afetar a qualidade da bebida e assim auxiliar o produtor a realizar procedimentos adequados durante o pós-colheita.

2) Com relação à variação ocorrida na concentração de açúcares do grão durante o processamento pós-colheita nos diferentes estádios de maturação avaliados:

- O teor de sacarose tende a aumentar durante o processamento.
- As alterações mais drásticas, com relação ao teor de sacrose ocorreram durante as etapas de secagem em terreiro. Nas etapas subsequentes a estas as alterações foram pequenas.
- Uma maior concentração de sacarose foi encontrada nos grãos colhidos tardiamente no lote 3.
- Após a torração o nível de sacarose, frutose e glicose diminuíram drasticamente.
- Para os três açúcares estudados, os lotes 1 e 2 apresentam comportamento muito semelhante durante o processamento pós-colheita.
- Os resultados encontrados para glicose e frutose nas etapas de secagem foram considerados altos quando comparados a dados da literatura, porém esta diferença pode ter sido encontrada em função do procedimento efetuado durante o preparo das amostras para a realização das análises.
- Os teores de frutose e glicose tendem a diminuir durante o processamento.
- O teor de frutose encontrado nos três lotes estudados foi maior que o de glicose.
- Não foram encontrados glicose e frutose nos grãos torrados.

- Assim como os ácidos clorogênicos seria importante à realização de mais estudos com relação a carboidratos individuais em cafés durante o processamento pós-colheita e em grãos colhidos em diferentes estádios de maturação.

3) Com relação ao método escolhido:

- O método escolhido para determinação dos açúcares foi considerado eficiente diante dos valores de recuperação encontrados.
- Os pontos de baixa concentração não obtiveram uma boa recuperação devido à baixa sensibilidade do método, apesar de estarem dentro dos intervalos aceitáveis de recuperação (70 a 120%) citada na literatura.
- Para os ácidos clorogênicos o método também foi considerado eficiente.
- O baixo nível de recuperação encontrado para a concentração de 5 µg/mL, provavelmente ocorreu devido a algum erro ocorrido durante a preparação da amostra, referente a este ponto.

#### IV.9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁZAR, A.; JURADO, J. M.; MARTÍN, M. J.; PABLOS, F.; GONZALÉS, G. Enzymatic-spectrophotometric determination of sucrose in coffee beans. **Talanta**, vol. 66, p. 760-766, 2005.

BOAS, B. M. V.; LICCIARDI, R.; MORAIS, A R. de.; CARVALHO, V. D. de. Seleção de extratores e tempo de extração para determinação de açúcares em café torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 25, n. 5, p.1169-1173, Lavras, 2001.

CAMA, C.; BALLESTER, J. F.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, vol.88, p.39-44, 2004.

CASTRO, R, de.; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, vol.18, n. 1, p.175-199, 2006.

CHAGAS, S. J. R. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. 1994. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

CHIRINOS, R.; CAMPOS, D.; COSTA, N.; ARBIZU, C.; PEDRESCHI, R.; LORANDELLE, Y. Phenolic profiles of andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. **Food Chemistry**, vol.106, p.1285–1298, 2008.

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

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

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Food and Agriculture**, vol.79, p.363-327, 1999.

CLIFFORD, M. N., JOHNSTON, K. L.; KNIGHT, S.; KUHNERT, N. Hierarchical Scheme for LC-MS<sup>n</sup> Identification of Chlorogenic Acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 51, n. 10, p. 2900-2911, 2003.

FARAH, A.; PAULIS, T. de.; TRUGO, L. C.; MERTIN, P. R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of the Food and Agriculture**, vol.53, p.1505-1513, 2005.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S. TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, vol. 98, p.373–380, 2006.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, vol.18, p.124-138, 2006.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. A. F.; LOPES, L. M. V.; NERY, F. C. Teores de açúcares dos cafés torrados e moídos armazenados em diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial Café**, Viçosa, n.07, p.108-113, 2003.

GEROMEL, C.; FERREIRA, L. P.; GUERREIRO, S. M. C.; CAVALARI, A. A.; POT, D.; PEREIRA, L. F. P.; LEROY, T.; VIEIRA, L. G. E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. **Journal of Experimental Botany**, vol. 57, n. 12, p.3243–3258, 2006.

ILLY, A.; VIANI, R.; **Espresso coffee: The chemistry of quality**. San Diego: Academic Press Limited, 253p. 1996.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee – The Chemistry of Quality**. Academic Press Limited, London, 3<sup>rd</sup>, 235p. 1998.

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, vol. 223, p.195–201, 2005.

KY, C, L; LOURAN, J; DUSSERT, S; GUYOT, B; HAMON, S; NOIROT, M. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. **Food Chemistry**, vol.75, p.223–230, 2001.

MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Métodos para análise de ácido clorogênico. **Revista Química Nova**, vol.27, n.4, p.586-592, 2004.

MENDES, L. C. **Estudos para determinação das melhores formulações de blends de café arábica (*C.arabica*) com café robusta (*C. canephora Conilon*) para uso no setor de cafés torrados e moídos e de cafés espresso**.2005. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MENEZES, H. C. **Variação dos monoisômeros e disômeros do ácido cafeoilquínico com maturação de café**. 1990. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

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

MURKOVIC, M.; DERLEN, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, vol.69, p.25-32, 2006.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Quantitative descriptive flavours profiling from COOPARAISO-MG, Brasil**. Londres, 1991. Não paginado. (Reporte de Evolución Sensorial).

PERRONE, D.; FARAH, A.; DONANGELO, C. M.; PAULIS, T. De.; MARTIN, P. R. Comprehensive analysis of major and minor chlorogenic acids and lactones in economically relevant Brazilian coffee cultivars. **Food Chemistry**, vol.106, p.859–867, 2008.

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

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café**. 2001. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Avaliação Química e qualitativa do café (*Coffea arabica* L.) colhido sobre o pano e no chão, em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial café**, Viçosa, n.5, p.36-43, 2002.

PIMENTA, C. J. ; VILELA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Edição Especial, p.1481-1491, Lavras, 2002b.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. **Compostos fenólicos e qualidade da bebida**. 2006. Disponível em: <<http://www.coffeebreaak.com.br/ocafezal.asp>. Acesso em: 06/ 2007.

PINTO, N. A. V. D.; PERREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M.; THÉ, P. M. P.; CARVALHO, V. D.de. Caracterização dos teores de polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café (*Coffea arabica* L.) cru e torrado do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento - Especial café**, Viçosa, n.04, p.52-58, 2002.

QUATROCCHI, O. A.; ANDRIZZI, S. A.; LABA, R. F. **Introducción a la HPLC: aplicación y práctica**. Buenos Aires: Artes Gráficas Farro, p.301-328, 1992.

RAMALAKSHMI, K.; KUBRA, I. R.; RAO, L. J. M. Physicochemical characteristics of green coffee: Comparasion of graded and defective beans. **Journal of Food Science**, vol.72, n.5, p.S333-336, 2007.

REDGWELL, R.; FISCHER, M. Coffee carbohydrates. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, vol.18, n. 1, p.165-174, 2006.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIN, I.C.S.F.; MELO, L. F. C.; Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Revista Química Nova**, vol. 27, n.5, p.771-180, 2004.

ROGERS, W. J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes tothe content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylicacids, and inorganic anions in developing grains from

different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica* L.) coffees. **Plant Science**, vol.149, p.115–123, 1999.

TAVARES, L. A.; FERREIRA, A. G. Análises quali e quantitativa de cafés comerciais via ressonância magnética nuclear. **Revista Química Nova**, vol.29, n.5, p.911-915, 2006.

TOCI, A.; TRUGO, L. C.; FARAH, A. Efeitos do processo de descafeinação com Diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta antes e após a torração. **Revista Química Nova**, vol.29, n.5, p.965-971, 2006.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. Chlorogenic acid composition of instant coffee. **Analyst**, vol.109, p.263-266, 1984.

VILLELA, T. C. **Qualidade do café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem**. 2002. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

VITORINO, M. D.; FRANÇA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BORGES, M. L. A. Metodologia de obtenção de extratos de café visando a dosagem de compostos não-voláteis: **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, vol.23, n.3, p.7-24, 2001.

## CAPÍTULO V

### **AValiação Sensorial da Bebida de Café Arabica (*Coffea arabica* L.) Produzida a Partir de Grãos Colhidos em Diferentes Estádios de Maturação Através da Prova de Xícara, Análise Descritiva Quantitativa e Língua Eletrônica**

#### **RESUMO**

O café, bebida consumida mundialmente, tem aroma e sabor considerado como seu maior diferencial em termos de qualidade, por isso sua aceitabilidade, comercialização e valorização no mercado são baseados em parâmetros qualitativos, avaliados através de testes sensoriais. Esta determinação da qualidade é comumente realizada através do teste sensorial conhecido como “Prova de Xícara”, no qual, provadores treinados distinguem diferentes padrões de bebida. Esta análise é bastante subjetiva, tendo em vista a limitação dos resultados pela aptidão do provador, além disso, vários autores têm observado que a mesma tem considerado a bebida dura como valorização máxima do café, o que dificulta as avaliações em trabalhos de pesquisa, nos quais exige uma maior precisão na definição dos diferentes padrões de qualidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade sensorial de bebidas produzidas a partir de grãos colhidos em diferentes estádios de maturação, através de três diferentes métodos sensoriais: Prova de Xícara, Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e o Método da Língua Eletrônica. Foram analisados três lotes de café: O Lote 1, representado por 90% frutos cereja + 10% de verde; o Lote 2 com frutos 100% cereja; e o Lote 3, com 85% de frutos bóia + 10% de cereja + 5% de verde. Os resultados indicam que grãos colhidos em diferentes estádios de maturação produzem bebidas de qualidade superior, tendo sido as três bebidas classificadas: como *gourmet* pela Análise Descritiva Quantitativa e pela Língua Eletrônica e como dura ou dura para melhor pela maioria dos provadores da “Prova de Xícara”.

**ABSTRACT**

Coffee, a drink consumed worldwide, has flavor and taste considered as its higher difference in terms of quality, and it is the reason why its acceptance, comercialization and valorization in the market are based in qualitative parameters, evaluated by sensorial tests. This quality determination is commonly realized through method known as “Cup Test”, in which the trained tasters distinguish the different standards of the drink. This analysis is highly subjective, taking into account the ability of the tasters, besides, several authors have observed that this analysis has been considered the hard drink as the maximum valorization of coffee, which difficult the evaluation in research works, that needs a better precision in definition of different quality standards. The objective of this work is to validate the sensorial quality of drinks produced from grains harvested at different stages of maturation, through different sensorial methods: Cup Test, Descriptive Quantitative Analysis (DQA) and Eletronic Tongue Method. Three lots of coffee were analyzed: lot 1 (90% fruit cherry + 10% green); lot 2 (100% fruit cherry) and lot 3 (85% fruit float + 10% fruit cherry + 5% green). The results indicate that grains harvested at different stages of maturation produce drinks of a superior quality, thus classifying the three drinks as: gourmet by Descriptive Quantitative Analysis and Eletronic Tongue and as hard for the best by most of the tasters of the Cup Test.

## **V.1. INTRODUÇÃO**

O café tem sido uma das bebidas mais aceitas em diversos países do mundo pelo fato de ser um produto natural, com aroma e sabores característicos. Sua aceitação, comercialização e valorização no mercado são baseadas em parâmetros qualitativos, principalmente em relação à qualidade da bebida, avaliada através de testes sensoriais.

Os testes sensoriais utilizam os órgãos dos sentidos como "instrumentos" de medida e devem ser inclusos como garantia da qualidade de alimentos, por ser uma medida multidimensional integrada e por possuir importantes vantagens como, por exemplo, determinar a aceitação de um produto por parte dos consumidores (DELLA TORRE, 2003).

Segundo BARRIOS (2001), a avaliação sensorial dos alimentos é uma função primária do homem, já que ele rejeita ou aceita os alimentos de acordo com a sensação que experimenta ao observá-los, sendo a qualidade dos alimentos o que incide diretamente na reação do consumidor.

A Análise Sensorial permite avaliar através das sensações de olfação, gustação e sensações na boca as características de aroma, sabor e corpo da bebida do café. Os compostos químicos solúveis e insolúveis em água e os gases que compõe o café podem ser agrupados de acordo com sensações de gosto, fragrância (odor – aroma) e corpo que conferem à bebida (MORI, 2005).

O teste sensorial conhecido como “Prova de Xícara”, utilizado na determinação da qualidade da bebida, é um método sistemático utilizado para avaliar as características de aroma e gosto de uma amostra de café. Este método consiste em avaliar as sensações percebidas pelos sentidos do olfato, gosto e sensações na boca por provadores treinados capazes de distinguir diferentes padrões de bebida. Esta prova adotada oficialmente em 1917, é um trabalho complexo que exige bastante treino e conhecimento para saber diferenciar sabores (VILLELA, 2002).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) apresenta-se como uma metodologia que proporciona a obtenção de uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, apresentando-se como um dos métodos mais completos e sofisticados para traçar o perfil sensorial de diversos produtos (BATTOCHIO, 2006).

A Língua eletrônica é um equipamento desenvolvido para diferenciar e classificar vários tipos de bebidas. Apresenta sensibilidade mil vezes mais apurada que o paladar humano e foi

desenvolvida para atender demandas da indústria de bebidas, de alimentos, farmacêutica e da agroindústria em geral. Pode substituir ou complementar, com eficiência o método tradicional de avaliação da qualidade da bebida café que é realizada por provadores treinados (TELLES, 2007).

Os procedimentos de avaliação da qualidade da bebida realizados através da prova de xícara são baseados em apreciações subjetivas, realizadas por provadores, cuja habilidade é adquirida após longos períodos de treinamento de degustação de vários tipos de cafés. Várias pesquisas vêm demonstrando a viabilidade de se utilizar métodos químicos aliados aos testes sensoriais a fim de tornar mais objetiva a classificação e a determinação da qualidade (VIEIRA *et al.*, 2001).

A partir destas informações o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade sensorial das bebidas produzidas a partir de grãos colhidos em diferentes estádios de maturação, através de três diferentes testes sensoriais: Prova de Xícara, ADQ, e Língua Eletrônica, para que o resultado deste tipo de classificação fosse o mais confiável possível, já que o teste da Prova de Xícara é considerado um teste bastante subjetivo. O teste da Língua Eletrônica foi realizado com intuito de fornecer à comunidade científica um dado considerado relativamente inovador no campo da análise sensorial, já que este equipamento ainda se encontra em fase de Pesquisa e desenvolvimento pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRAPA) de São Carlos.

## V.2. PROVA DE XÍCARA

A classificação da bebida mais comum e mais utilizada por cooperativas de todo país é a análise sensorial conhecida como Prova de Xícara, no qual provadores treinados classificam sensorialmente o produto.

Na prova de xícara será determinada a qualidade da bebida do café, conforme definição da Instrução Normativa n º8, de 2003 (BRASIL, 2003).

- Bebida Mole: apresenta aroma e sabor agradável, brando e doce;
- Bebida Estritamente Mole: apresenta todos os requisitos da bebida mole, porém mais acentuados;

- Bebida Apenas Mole: quando o seu sabor é levemente suave, inferior aos anteriores, mas sem adstringência ou asperezas de paladar;
- Bebida Dura: quando apresentar gosto acre, adstringente e áspero, mas sem paladares estranhos;
- Bebida Riada: café com leve sabor típico de iodofórmio;
- Bebida Rio: café que apresenta cheiro e sabor acentuado de iodofórmio;
- Rio Zona: café com características bem mais acentuadas que a bebida rio, com cheiro e gosto acentuado de ácido fênico.

Na Prova de Xícara, os movimentos físicos envolvidos em cada etapa do processo de avaliação como de cheirar, sugar e deglutir são mais intensos que os normalmente empregados no consumo da bebida do café. O objetivo de exagerar esses movimentos é saturar tantas terminações nervosas a fim de evocar uma sensação completa de sabor (LAFISE, 2003).

Em relação à qualidade da bebida, é necessário considera-se a subjetividade da análise de Prova de Xícara tendo em vista a limitação dos resultados pela aptidão do provador. Estudos estatísticos colocam em dúvida a precisão do provador ao classificar o café quanto à qualidade da bebida (BORGES *et al.*, 2002).

Vários autores têm observado que a análise sensorial da Prova de Xícara tem considerado a bebida dura como valorização máxima do café, este comportamento dificulta muito os trabalhos de pesquisa que buscam caracterizar cientificamente a qualidade dos grãos. Segundo SILVA (2003) isto ocorre devido principalmente a quatro fatores: a) pela tendência de considerar a bebida dura como padrão de valorização máxima do café; b) porque geralmente estes provadores são treinados nas próprias empresas; c) a grande quantidade de amostras que às vezes são degustadas no mesmo dia, causando fadiga; o contato dos provadores com a matéria-prima, o que pode originar tendenciosidade.

Com a entrada de cafés especiais no comércio exterior e, mais recentemente no Brasil, foi estabelecido um novo tipo de análise sensorial pela Organização Internacional do Café, na qual são detectados vários sabores, aromas, além de sensações bucais, como adstringência, corpo, permanência na boca, etc (PINTO, 2002).

De acordo com ILLY (2002) para a realização mais precisa do teste sensorial dos atributos do sabor e aroma do café, este deve ser realizado por pessoas que têm boa sensibilidade olfativa para perceber os diferentes e complexos aromas da bebida.

### V.3. ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

O objetivo da avaliação sensorial é detectar diferenças entre produtos baseado nas diferenças perceptíveis na intensidade de alguns atributos (FERREIRA *et al.*, 2000). Contudo, conforme o produto, o atributo sensorial, e a finalidade do estudo, existem recomendações de métodos, referindo a NBR 12994, que classifica os métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas em discriminativos, descritivos e subjetivos (ABNT, 1993b).

Os métodos descritivos podem ser testes de avaliação de atributos (por meio de escalas), perfil de sabor, perfil de textura, análise descritiva quantitativa - ADQ e teste de tempo-intensidade (ABNT, 1993b).

Nos testes descritivos procura-se definir as propriedades do alimento e medi-las da maneira mais objetiva possível. Aqui não são importantes as preferências ou aversões dos julgadores, e não é tão importante saber se as diferenças entre as amostras são detectadas, e sim qual é a magnitude ou intensidade dos atributos do alimento (ANZALDÚA-MORALES, 1994).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) apresenta-se como uma metodologia que proporciona a obtenção de uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (LAWLESS e HEYMANN, 1999).

Segundo SILVA *et al.*, (2007) tal método avalia a intensidade dos atributos sensoriais presentes no produto através de uma escala que, via de regra, é um escala não estruturada de 9 cm ancorada em seus extremos com palavras que indicam intensidade. Através desse método é possível descrever e quantificar os atributos associados ao produto (conforme aparência, aroma, sabor e textura). A ADQ é desenvolvida com base nas seguintes etapas: i) pré seleção dos provadores; ii) desenvolvimento da terminologia descritiva; iii) treinamento e seleção dos provadores; iv) testes sensoriais finais; e v) análise estatística dos resultados.

Segundo STONE *et al.*, (1974) e ABNT (1998), as vantagens da ADQ sobre os outros métodos de avaliação são: a confiança no julgamento de uma equipe composta de 10-12 julgadores treinados, ao invés de grupos especializados; desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva, desenvolvimento consensual da terminologia descritiva a ser utilizada, o que implica em maior concordância de julgamentos entre provadores; os produtos são analisados com repetições e os resultados são analisados estatisticamente.

A ADQ ainda permanece como o mais compreensível, flexível e utilizável método de sensorial descritivo, aliando rigor científico com a aplicação comercial. A técnica permite o desenvolvimento de descritores sensoriais numa linguagem mais próxima á dos consumidores e gera perfis com informações que podem ser utilizadas no desenvolvimento de novos produtos, na descrição de mudanças sensoriais durante a estocagem e no controle de qualidade, associando características sensoriais do produto à sua formulação e variáveis do processo, também sendo possível utilizá-la como ferramenta para avaliação de processo (MENDES, 2005).

#### **V.4. LÍNGUA ELETRÔNICA**

O controle da qualidade de bebidas pode ser bastante melhorado com o advento de tecnologias simples, de baixo custo, que permitam a avaliação do paladar e de outras características diretamente na linha de produção. Entre as tecnologias atuais, sensores artificiais de paladar, também conhecidos como língua eletrônica, têm recebido grande interesse e podem se tornar disponíveis comercialmente nos próximos anos.

A Língua Eletrônica é um conjunto de unidades sensoriais formadas por um eletrodo metálico recoberto com um filme finíssimo (espessura entre 10 -100 nm) de polímero condutor. Esses polímeros são capazes de conduzir eletricidade e essa propriedade é sensível à presença das diferentes substâncias encontradas nas bebidas. Eles transformam a interação entre as unidades sensoriais e as bebidas em repostas elétricas, que são posteriormente convertidas para os paladares conhecidos por meio da inteligência artificial. Logo, qualquer variação no paladar da bebida pode ser medida pela variação da condutividade elétrica desses polímeros. A língua eletrônica baseada em polímeros condutores tem sido utilizada com êxito na análise de diferentes bebidas, como café, chá, vinho, sucos e água mineral. Além de

diferenciar as bebidas, este sistema é capaz de detectar sacarose e cloreto de sódio em concentrações muito menores que o limite de detecção humano (MATTOSO, 2001).

O princípio de funcionamento deste equipamento utiliza o mesmo conceito da língua humana, conhecido como seletividade global. Esse conceito é explicado como a capacidade do ser humano, ao experimentar uma bebida, não identificar cada uma das substâncias presentes no líquido, e sim agrupar toda a informação recebida em padrões identificados pelo cérebro. Ao reconhecer o paladar de café, por exemplo, é impossível alguém reconhecer e distinguir as mais de mil moléculas presentes na bebida, mas, para as pessoas treinadas, o sabor final permite a distinção de uma série de características do produto (DYMINSK *et al.*, 2005).

Entre os testes feitos com o dispositivo, os dirigidos ao setor cafeeiro são os mais avançados. Com o apoio da Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC), patrocinadora de várias avaliações, tem se medido a eficácia do equipamento para classificar a bebida de acordo com sua qualidade, região onde os grãos foram plantados e até seus produtores, além de detectar adulterações nos produtos comercializados e monitorar a consistência de paladar. Os resultados obtidos até o momento são bastante animadores. Já se conseguiu, por exemplo, diferenciar e classificar todos os cafés analisados, como *blends* de arábica e robusta, cafés comerciais tradicionais, superior e gourmet, solúvel e descafeinado (SAN'T ANNA, 2005).

## V.5. MATERIAIS E MÉTODOS

### V.5.1. Caracterização e Localização do Experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Cascata, localizada no município de Altinópolis, Estado de São Paulo, sendo utilizados cafés (*Coffea arabica* L.) do cultivar Mundo Novo. Durante o experimento foram analisados três lotes homogêneos de cafés, colhidos em duas épocas diferentes do mesmo talhão. Na primeira época (07/2006) foi analisado um lote (L1) que depois de passado pelo lavador ficou constituído por 90% de frutos cerejas e 10% de frutos verdes. O segundo lote (L2) estava representado por frutos 100% cereja, que foram selecionados manualmente a partir dos frutos previamente lavados do lote 1. Após 45 dias (segunda época) foi colhido o terceiro lote (L3), que depois de passado pelo lavado continha 85% de frutos bóa, 10% de frutos cereja e 5% de frutos verdes.

## V.5.2. Metodologia

### V.5.2.1. Classificação por Tipo e Prova de Xícara

A avaliação sensorial da bebida pela prova de xícara foi realizada em duas cooperativas (COOPARAISO e COOALT) e um armazém (TRIAG), localizados na região de Altinópolis, estado de São Paulo. As amostras de café dos três lotes foram entregues cruas a todos os provadores.

Para a degustação das bebidas, 100 g de grãos foram pesados e torrados em torradores, providos de um sistema giratório, para garantir uma torra homogênea. Em seguida foram moídos 10 g de café para cada xícara e formou-se a mesa de prova, composta por 7 xícaras para cada amostra. A infusão foi feita colocando-se água quente à temperatura entre 90 – 96°C diretamente sobre o café torrado e moído em cada xícara. As partículas inicialmente sobem à superfície da água, formando uma crosta ou tampa. Conforme as partículas são maceradas na água quente, elas começam a afundar. O processo continua por 3 a 5 minutos, quebrando a crosta e agitando lentamente, fica assegurado que todas as partículas do café sejam molhadas e afundadas, após o resfriamento e decantação, aquelas que ficam suspensas na superfície da bebida são descartadas. Fez-se então a Prova de Xícara, classificando o café quanto ao tipo de bebida e aos demais atributos relativos à percepção sensorial da bebida do café.

As cooperativas e o armazém também realizaram a classificação do café beneficiado do grão cru em função dos defeitos, conforme Instrução Normativa nº 08 de 2003 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003).

### V.5.2.2. Análise Descritiva Quantitativa

A ADQ foi realizada na Unidade Laboratorial de Referência de Análises Físicas, Sensoriais e Estatística (LAFISE) do Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (ITAL).

Para a realização desta análise, 500 gramas das três distintas amostras referentes aos lotes (L1, L2 e L3) foram torradas no ITAL. Os três lotes foram torrados separadamente em um torrador elétrico de tambor rotativo, marca Pinhalense, modelo Tp.2, com capacidade de 200 g por tambor. Os grãos foram torrados a 218°C por aproximadamente 15 minutos, conforme procedimentos de torração estabelecidos pelo LAFISE. Após a torração, os cafés foram armazenados em embalagem laminada fechada a vácuo, até o momento da análise.

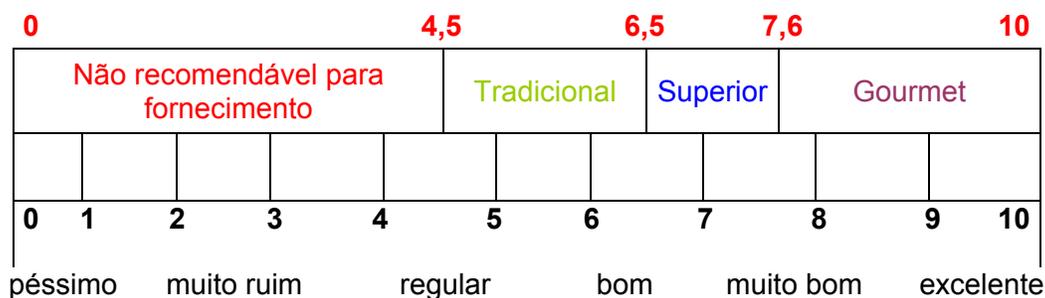
Todas as amostras de café avaliadas, “Referência” e a dos lotes L1, L2 e L3, foram preparadas por percolação com o uso de filtro de papel, usando-se a proporção de 100 g de pó de café para 1L de água mineral a 92°C, conforme determinações do LAFISE.

A análise sensorial descritiva quantitativa das bebidas foi realizada por uma equipe selecionada e treinada composta de dez julgadores, fazendo uso de escala não estruturada de 0 a 10 cm para avaliação da fragrância do pó, aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo da bebida, segundo HOWELL (1998). A avaliação final da qualidade global e qualidade do café foi realizada, conforme terminologia proposta por LINGLE (1986), apresentada no Anexo 1. Também foi feita uma avaliação quanto à composição da bebida (predominante Arábica ou Conilon), bebida (rio, mole, dura), aroma (suave, intenso), sabor (suave, intenso) e corpo da bebida (leve, encorpado), conforme terminologia apresentada no Anexo 2.

A análise foi realizada individualmente em cabines com iluminação vermelha e equipadas com o sistema computadorizado *Compusense Five* versão 4.6 para coleta dos dados, sendo a amostra apresentada com código de três dígitos aleatórios e avaliada em relação a uma amostra de referência sensorial conhecidamente de qualidade *gourmet*.

Para conclusão quanto à qualidade do produto, baseou-se no sistema de classificação da Norma Técnica para Fixação de Identidade e Qualidade de Café em Grão e Café Torrado e Moído (Resolução SAA 37, de 9/11/2001; Resolução SAA 7 de 11/03/2004), com a escala de qualidade global, apresentada abaixo na Figura 21.

**Figura 21:** Escala de Qualidade Global



A classificação do tipo de torra realizada nos grãos foi determinada através da leitura de três repetições das amostras de café torrado em espectrofotômetro Agtron Coffee Roast modelo E10-CP e classificação por meio do Sistema Agtron / SCAA Roast Classification Color Disk (**Clara** - discos nº 75 a 95, **Média** - discos nº 65 e 55, **Escura** - discos nº 25 a 45). A classificação para os três lotes foi de torra clara.

### V.5.2.3. Língua Eletrônica

A análise feita através da metodologia da Língua Eletrônica foi realizada na EMBRAPA de São Carlos, detalhes sobre a metodologia utilizada neste tipo de análise não foram divulgados, já que o método está sob avaliação final para ser patentado, não sendo possível revelar dados a respeito deste método, no presente trabalho. Só foi divulgado que os três lotes foram avaliados em três Línguas: ABIC 5, ABIC 6 e ABIC 7, conforme Anexo 3, e que para cada tipo de café, foram preparadas três amostras para serem medidas simultaneamente por estes três tipos de línguas.

Mesmo não tendo acesso a metodologia e mais informações sobre esta análise, optou-se em realizar a análise sensorial das bebidas através desta técnica, para que mais um dado inovador fizesse parte dos resultados deste trabalho de pesquisa.

## V.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### V.6.1. Prova de Xícara

Na Tabela 17 encontra-se a classificação dos grãos por tipo e por bebida, pelos resultados apresentados observa-se que houve variação na classificação da bebida do café entre os provadores das três instituições. O lote (L1) foi classificado como bebida dura para melhor por dois provadores, e apenas mole por um; o lote (L2) foi classificado como bebida dura por dois provadores e mole por apenas um e o lote (L3) recebeu classificação de bebida dura para melhor por dois provadores e de bebida dura por um. Este resultado confirma a subjetividade deste tipo de avaliação sensorial, já que a mesma amostra de café recebeu diferentes classificações por parte dos três provadores. Desta forma, optou-se que as amostras também fossem classificadas através de outros métodos sensoriais.

**Tabela 17:** Classificação dos grãos por tipo e por bebida, realizada pelas cooperativas e armazém (C1, C2 e C3) em frutos colhidos em diferentes estádios de maturação.

Lotes	Estádio de Maturação	Tipo			Classificação da Bebida		
		C1*	C2*	C3*	C1*	C2*	C3*
L1	90% Cereja, 10% Verde.	4	4/5	5/6	Apenas mole	Dura para melhor	Dura para melhor
L2	100% Cereja.	4	4/5	5	Dura	Mole	Dura
L3	10% Cereja, 5% Verde, 85% Bóia.	4	4/5	5	Dura para melhor	Dura	Dura para melhor

Assim como em outros estudos (LEITE, 1991; CARVALHO *et al.*, 1994; PIMENTA, 1995; GODINHO *et al.*, 2000 e SILVA, 2003) observou-se que a valorização máxima dada as bebidas avaliadas neste trabalho, é a dura ou dura para melhor.

Segundo NETO (2008), no jargão de mercado *comodity*, principalmente no Brasil, que emprega a COB - Classificação Oficial Brasileira, o padrão de referência é a Bebida Dura, sendo que tudo que tiver melhor qualidade recebe a classificação de bebida Dura para Melhor. Preocupados com uma suposta desvalorização dos grãos especiais, a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) e a Specialty Coffee Association of America (SCAA) assinaram, durante o 15º Encafé, um Protocolo de Entendimento. Este acordo prevê o ensino da metodologia e parâmetros da SCAA para definir quais são os cafés de alta qualidade, por meio da avaliação sensorial de café, a qual permite melhor compreensão dos atributos da bebida, seus efeitos na xícara e uma avaliação consistente dos lotes de café. O objetivo deste acordo é permitir a diferenciação da classificação entre cafés comerciais e cafés especiais (FIGUEIRÓ, 2008).

### V.6.2. Análise Descritiva Quantitativa

Na Tabela 18 encontram-se os resultados da análise sensorial descritiva quantitativa (ADQ), quanto às características de fragrância do pó, aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo da bebida, seguida pela avaliação final da qualidade global do café para cada lote avaliado.

Observa-se que todas as amostras avaliadas apresentaram média para a qualidade

global igual ou superior a 7,7. Este valor permite classificá-las, segundo a tabela de qualidade global utilizada pelo sistema de classificação da Norma Técnica para Fixação de Identidade e Qualidade de Café em Grão e Café Torrado e Moído, como bebida de qualidade *gourmet*.

Nota-se que os valores médios dos 9 atributos avaliados pelos 10 provadores treinados, obtiveram médias praticamente idênticas para as três amostras estudadas, somente o atributo acidez apresentou uma pequena variação entre as médias obtidas para os lotes L1, L2 e L3.

**Tabela 18:** Médias obtidas por 10 provadores para cada um dos atributos da análise sensorial para os lotes: L1, L2 e L3

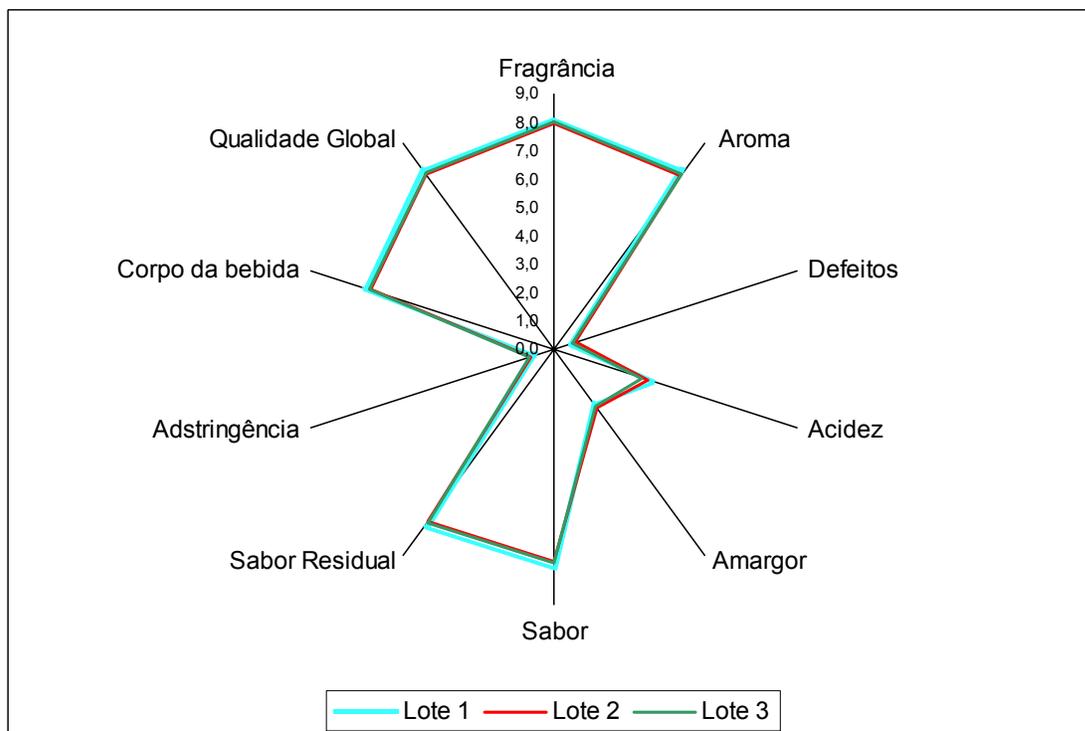
<b>Atributos</b>	<b>Lote 1 (L1)</b>	<b>Lote 2 (L2)</b>	<b>Lote 3 (L3)</b>
Fragrância do pó	8,1 ± 0,3	8,0 ± 0,4	8,0 ± 0,4
Aroma da bebida	7,8 ± 0,2	7,6 ± 0,3	7,6 ± 0,4
Defeitos	0,6 ± 0,3	0,8 ± 0,5	0,7 ± 0,7
Acidez	3,7 ± 0,4	3,5 ± 0,6	3,2 ± 0,5
Amargor	2,4 ± 0,3	2,6 ± 0,3	2,5 ± 0,4
Sabor	7,7 ± 0,3	7,5 ± 0,3	7,5 ± 0,5
Sabor Residual	7,7 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,6 ± 0,4
Adstringência	0,7 ± 0,4	0,9 ± 0,4	0,9 ± 0,3
Corpo	7,0 ± 0,3	6,8 ± 0,4	6,9 ± 0,3
<b>Qualidade global</b>	<b>7,8 ± 0,4</b>	<b>7,7 ± 0,3</b>	<b>7,7 ± 0,3</b>

A Figura 22 ilustra o perfil sensorial obtido para cada uma das bebidas produzidas a partir de grãos colhidos em diferentes estádios de maturação, representados pelos Lotes L1, L2 e L3.

Os resultados apresentados na Tabela 18 e na Figura 22 demonstram que os grãos colhidos em diferentes estádios de maturação podem apresentar bebidas de excelente qualidade, desde os procedimentos de colheita, secagem e armazenamento sejam realizados de forma adequada, é possível sim, produzir bebida de qualidade superior independente da época de colheita e do estádio de maturação dos grãos.

Na Tabela 19, encontram-se os dados relativos à composição da bebida, aroma, sabor e corpo, avaliado pelos 10 provadores treinados. Os três lotes receberam a mesma avaliação

com relação à bebida sendo classificadas como bebidas de composição predominantemente arábica, mole, aroma suave, sabor suave e corpo leve.



**Figura 22:** Perfil Sensorial obtido para os lotes L1, L 2 e L 3

**Tabela 19:** Dados da composição, bebida, aroma, sabor e corpo

Avaliação		Lote L1	Lote L2	Lote L3
Composição	Predominante Arábica	X	X	X
	Predominante Conillon			
Bebida	Rio			
	Mole	X	X	X
	Dura			
Aroma	Suave	X	X	X
	Intenso			
Sabor	Suave	X	X	X
	Intenso			
Corpo	Leve	X	X	X
	Encorpado			

### *V.6.2.1. Comparação entre atributos sensoriais das bebidas e as características físico-químicas dos grãos colhidos em diferentes estádios de maturação*

Sabe-se que a qualidade sensorial da bebida encontra-se estritamente relacionada aos diversos constituintes físico-químicos e químicos dos grãos torrados, responsáveis pelo sabor e aroma característico da bebida. Dentre os compostos estudados nos capítulos anteriores sabe-se que os ácidos clorogênicos estão relacionados com a adstringência da bebida, que a acidez titulável relaciona-se com a acidez, que os sólidos solúveis asseguram corpo a bebida e que os lípideos atuam como uma peneira seletiva na retenção das substâncias aromáticas dos grãos de café, melhorando o aroma do produto.

Baseado nisso foi feita uma comparação entre os valores encontrados para ácidos clorogênicos totais, acidez titulável, sólidos solúveis e lipídeos em grãos torrados com os resultados obtidos na ADQ para os atributos: adstringência, acidez, corpo e aroma da bebida, para os três lotes analisados.

Com relação à adstringência, os lotes L2 e L3 obtiveram notas iguais a 0,9 e o lote L1 apresentou nota de 0,7, ou seja, os lotes L2 e L3 possuem uma maior adstringência quando comparados ao lote L1. Este fato pode ser confirmado com dados do Capítulo IV no item IV. 5.2, no qual se encontram expressos os valores de ácidos clorogênicos totais para os três lotes estudados. Neste item os teores encontrados para os lotes L2 e L3 foram muito próximos 2,73 g/100g e 2,62, respectivamente. Já o lote L1 apresentou uma menor concentração deste composto 2,99, o que confirma sua menor adstringência com relação aos outros dois lotes na avaliação sensorial.

Com relação à acidez, o lote L1 foi o que apresentou maior valor para este atributo, 3,7, enquanto os lotes L2 e L3 apresentaram valores de 3,5 e 3,2, respectivamente. Este resultado demonstra que o lote L3 apresenta menor acidez enquanto o lote L1 apresenta uma maior acidez. Esta observação pode ser confirmada no Capítulo III no item **III.4.2**, que encontram-se expressos os valores de acidez titulável encontrados para os três lotes analisados. Neste item os valores encontrados para esta variável também foram maiores para o lote L1, 265 mL de NaOH 0,1 mol/L/100g de amostra, seguido pelo lote L3, 255 e pelo lote L2, 236. O que confirma uma maior acidez para o lote L1 e uma menor para o lote L2, na avaliação sensorial da bebida.

Com relação ao corpo da bebida, o lote L1 foi o que apresentou a maior nota (7,0) para este atributo, seguido pelo lote L3 com nota 6,9 e por último pelo lote L2 com nota 6,8. Estes valores estão muito próximos, porém demonstram que a bebida do lote L1 apresenta-se um

pouco mais encorpada que a do lote L3 do lote L2, sucessivamente. Esta observação, quando comparada às informações do teor de sólidos solúveis em grãos de café torrado descritas no Capítulo III, item III.4.4, não confirmam a relação direta entre quantidade de sólidos solúveis e corpo da bebida. No capítulo III o teor de sólidos solúveis encontrado para o lote (L2) foi de 30%, seguido pelo L1 com 30% e pelo L3 com 23%. Esta incoerência encontrada entre quantidade de sólidos solúveis e corpo da bebida pode ser questionada, já que compostos como proteínas e lipídeos também são responsáveis em conferir corpo à bebida, neste caso basear-se somente no teor de sólidos solúveis para avaliar o corpo da bebida seria um erro.

Com relação ao aroma, o lote L1 foi o que apresentou maior nota 7,9 para avaliação deste atributo, seguidos pelos lotes L2 e L3 que apresentaram notas iguais a 7,6. Isto significa que o lote L1 possui um melhor aroma quando comparado aos outros dois lotes. Estes dados, quando comparados aos teores de lipídeos em grãos torrados descritos no Capítulo III, item III.4.6, também não confirmam a relação direta entre aroma da bebida e teor de lipídeos. Assim como no caso dos sólidos solúveis, esta incoerência observada entre composição química de lipídeos e aroma pode ter ocorrido em função da presença de outros compostos nos grãos que são também responsáveis pelo aroma característico da bebida, como compostos voláteis, açúcares, proteínas e outros constituintes do grão.

### V.6.3. Língua Eletrônica

As notas obtidas através do método de avaliação sensorial utilizando-se a Língua Eletrônica estão descritas na Tabela 20.

**Tabela 20:** Notas obtidas no método de avaliação sensorial

Lote	Nota
Lote 1 (L1)	7,7 ± 0,3
Lote 2 (L2)	8,5 ± 0,3
Lote 3 (L3)	7,7 ± 0,3

A classificação do tipo de bebida a partir das notas geradas pelo equipamento também são baseadas na tabela de qualidade global utilizada pelo sistema de classificação da Norma Técnica para Fixação de Identidade e Qualidade de Café em Grão e Café Torrado e Moído,

assim como na ADQ, estes resultados classificaram os três lotes analisados como sendo bebidas de qualidade *gourmet*. Este resultado também demonstra a eficiência do método, já que as bebidas receberam a mesma classificação recebida na ADQ, método considerado completo e sofisticado na determinação do perfil sensorial da bebida.

## V.7. CONCLUSÃO

- A avaliação sensorial da Prova de Xícara demonstrou ser um método subjetivo, devido à diferença na classificação das mesmas bebidas entre provadores.
- A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) demonstrou ser um método completo e seguro para a avaliação sensorial da bebida.
- O perfil sensorial (ADQ) das bebidas produzidas a partir de grãos colhidos em diferentes estádios de maturação foi o mesmo para os três lotes analisado, sendo estes classificados como *gourmet*.
- Os atributos de adstringência e acidez demonstraram ter uma relação direta entre a quantidade de ácidos clorogênicos e acidez titulável presente em grãos de café torrado, colhidos em diferentes estádios de maturação.
- Para os atributos de aroma e corpo os resultados não demonstraram uma relação direta entre a quantidade de lipídeos e sólidos solúveis presentes em grãos de café torrado, o que comprovaria a participação de outros compostos no desenvolvimento destes atributos.
- O resultado da análise utilizando-se da Língua Eletrônica também confirmou a semelhança entre a qualidade sensorial entre as três bebidas, classificando-as como *gourmet*.
- Os resultados sensoriais comprovaram a importância dos cuidados durante pós-colheita, sugerindo que grãos colhidos e processados de forma adequada, são passíveis de produzir cafés de excelente qualidade sensorial mesmo tendo sido produzidos a partir de grãos colhidos em diferentes estádios de maturação.

## V.8. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12806**: análise sensorial dos alimentos e bebidas - terminologia. Rio de Janeiro, 1993a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12994**: análise sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1993b.

ABNT. **NBR 14140**: alimentos e bebidas - análise sensorial - teste de análise descritiva quantitativa (ADQ). Rio de Janeiro, 1998.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, 1994. 198p.

BARRIOS, E.B. **Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de cafés (*Coffea arabica* L.) da região Alto Rio Grande - Sul de Minas Gerais**. 2001. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BATTOCHIO, J. R, et al.; Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.26, n.2, p.428-432, Jun, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em: 03/2007.

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**, v. 22, n. 2, p. 158-163, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº8, de 11 de junho de 2003. Disponível em: <http://www.ministerio.gov.com.br/instrução>. Acesso em: 08/2007.

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

DELLA TORRE, J. C. de M.; RODAS, M A de B., BADOLATO, G. G. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 23, n.2, p. 105-111, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em: 11/ 2005.

DYMINSKI, D. S., TAKEDA, H. H., MATTOSO, L. H. C., CÂNDIDO, L. M. B. Revisão: Aplicações e Funcionamento das Linguas Eletrônicas e a Língua Eletrônica Brasileira. **Brazilian Journal Food Technology**, vol.8, n.4, p. 312-320, 2005.

FIGUEIRÓ, I. ABIC e SCAA: Acordo visa garantir a melhoria do trabalho dos provadores. [http://www.abic.com.br/jcafe/jcafe\\_ed161\\_p24a25.pdf](http://www.abic.com.br/jcafe/jcafe_ed161_p24a25.pdf). Acesso em: 06/2008

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

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de 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 café torrado e moído. D.O.E Seção I, São Paulo, 111 (214), 13/11/2001.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA. **Resolução SAA- 37, de 09/11/2001** - Norma Técnica para fixação de identidade e qualidade de café torrado em grão e café torrado e moído. D.O.E Seção I, São Paulo, 111 (214), 13/11/2001.

HOWELL, G. SCAA Universal Cupping Form & How to use it. **10<sup>th</sup> Annual Conference & Exhibition “Peak of Perfection” – Presentation Handouts**. Denver-Colorado, April 17-21, 1998.

ILLY, E. A saborosa complexidade do café: A ciência que esta por trás de um dos prazeres mais simples da vida. **Scientific American**, 2002. Disponível em: [http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a\\_saborosa\\_complexidade\\_do\\_cafe.html](http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_saborosa_complexidade_do_cafe.html). Acesso em: 09/2007.

LAFISE. **Apostila didática da Unidade Laboratorial de Análises Físicas, Sensoriais e Estatísticas**. Campinas, 2003.

LAWLESS, H.; HEYMANN, G.V. **Sensory evaluation of foods**. 827 p, 1999.

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

LINGLE, T. R.; The coffee cupper's handbook. **Systematic Guide to the Sensory Evolution of Coffee's Flavor**, Second Edition, Coffee Development Group, Washington, D.C. 1986, 57p. Copyright 1992 by Specialty Association of America. ISBN 1-882552-00-8.

MATTOSO, L. H. C. Desenvolvimento de sensores poliméricos para aplicações na agroindústria e meio ambiente. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**. 2001, 33p.

MENDES, L. C. **Estudos para determinação das melhores formulações de blends de café arábica (*C. arabica*) com café robusta (*C. canephora Conilon*) para uso no setor de cafés torrados e moídos e de cafés espresso**. 2005. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

NETO, E. Degustando Cafés. **The Coffe Traveller**. 2008. Disponível em: <http://coffeetraveler.net/2008/03/09/degustando-cafes-1/> Acesso em 06/2008.

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

PINTO, N. A. V. **Avaliação Química e Sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. 2002. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L.; OLIVER. S.; WOOSLEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

VIEIRA, G.; SILVA, J, N. da.; VILELA, E, R.; SILVA, J, S. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo sem e com aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, vol.3, n.1, p.75-90, 2001.

VILLELA, T.C.; **Qualidade do café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem**. 2002. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SILVA, R. F. S da. **Qualidade do café cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais**. 2003. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa n º8, de 11 junho de 2003. Disponível em: <http://www.ministério.gov.com.br/instrução>. Acesso em: 08/2007.

SANT' ANNA, J. P. Nanotecnologia. **Revista Química e Derivados**, nº 443, 2005. Disponível em: <http://www.quimicaederivados.com.br/indice2005.htm>. Acesso em 09/2007.

SILVA, F. A. da; MAXIMO, G. J.; MARSAIOLI, A. Jr.; SILVA, M. A. A. P.da. Impacto da secagem com microondas sobre o perfil sensorial de amêndoas de noz macadâmia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, vol. 27, n.3, p.553-561, 2007.

TELLES, L. O. "**Língua eletrônica**" brasileira é a mais sensível já descrita pela literatura científica. Disponível em: [http://www.link.estadao.com.br/index.cfm?id\\_conteudo=1208](http://www.link.estadao.com.br/index.cfm?id_conteudo=1208). Acesso em: 06/2007.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que lotes colhidos com até 10% de frutos verdes ou com até 85% de frutos bóias podem apresentar uma bebida de qualidade superior e com o mesmo perfil sensorial de frutos 100% cereja.

A realização do monitoramento nas etapas pós-colheita através da utilização de um *check list* permitiu inferir a real relação entre a composição química dos grãos colhidos em diferentes estádios de maturação com os procedimentos utilizados no processamento dos mesmos.

Os resultados apresentados no presente trabalho demonstram a necessidade da realização de futuros estudos que avaliem alterações físico-químicas em diferentes componentes químicos em grãos de café ao longo do processamento pós-colheita. Desta forma, seria possível verificar em quais etapas ocorrerem as alterações que podem vir a afetar a qualidade sensorial da bebida, e quais os procedimentos pós-colheita poderiam vir a ser alterados, com o objetivo de melhorar a qualidade do café e conseqüentemente, agregar valor ao produto.

**ANEXO 1 - Terminologia de Avaliação conforme LINGLE (1986)**

**Fragrância:** Percepção olfativa causada pelos gases liberados do café torrado e moído, conforme os compostos aromáticos são inalados pelo nariz.

Fraco: quando a percepção dos gases liberados lembra a café velho, perda de frescor.

Forte: quando a percepção dos gases liberados lembra a café fresco altamente desejável, intenso.

**Aroma característico da bebida:** Percepção olfativa causada pelos voláteis liberados da bebida do café ainda quente, conforme são inalados pelo nariz e por via retronasal durante sua degustação.

Fraco: quando a percepção dos voláteis lembra pouco o odor característico de café e indesejável devido à presença de odores estranhos (remédio, queimado, cinzas, resina).

Forte: quando a percepção dos voláteis lembra a odor característico de bebida de café (nozes, cereal, malte, pão torrado, caramelo, chocolate) recém preparado e desejável.

**Defeitos da bebida:** Defeitos percebidos na degustação da bebida do café produzida por impurezas e grãos defeituosos do café.

Nenhum: bebida suave, fina, delicada, característico de café, livre de defeitos e impurezas.

Intenso: odor e sabor intenso de terra, mofo, rançoso, borracha, tabaco, queimado, madeira, azedo, fermentado, conferidos pelos grãos defeituosos como ardido, preto e verde e impurezas como terra, areia, paus e cascas.

**Acidez:** Percepção causada por substâncias como ácido clorogênico, cítrico, málico e tartárico que produzem gosto ácido. Percebido nos lados posteriores da língua.

Fraco: pouco ácido.

Forte: muito ácido.

**Amargor:** Percepção de gosto causada por substâncias como cafeína, trigonelina, ácidos cafeico e quínico e outros compostos fenólicos que produzem o gosto amargo. É percebido no fundo da língua. Este gosto é considerado desejável até certo ponto. É afetado pelo grau de torração e pelo método de preparo da bebida. Quanto mais escuro o ponto de torra, mais amargo é o café.

Fraco: pouco amargo.

Forte: muito amargo.

**Sabor Característico da bebida:** Sensação causada pelos compostos químicos da bebida do café quando introduzida na boca.

Fraco: quando a percepção é de bebida com perda de sabor de café, e com presença de sabor estranho do tipo, terra, fermentado, medicinal, oxidado, borracha queimada, herbáceo, etc.

Forte: quando a percepção é de bebida com sabor característico de café e livre de sabores estranhos, lembrando a caramelo, chocolate, nozes, pão torrado.

**Sabor Residual:** Persistência da sensação de sabor após a ingestão da bebida de café.

Fraco: quando a sensação residual é de queimado, indesejável necessitando chupar uma bala para tirar o gosto residual.

Forte: quando a sensação residual é agradável, doce e ácida, limpa.

**Corpo:** É a percepção tátil de oleosidade, viscosidade na boca.

Fraco: Significa que a bebida é rala, aguada, faltando consistência.

Forte: Significa que a bebida é concentrada, viscosa.

**Adstringência:** é a sensação de secura na boca deixada após a sua ingestão.

Fraco: Bebida suave, desce redondo.

Forte: Bebida muito áspera, adstringente, desce quadrado.

**Qualidade Global:** é a percepção conjunta dos aromas da bebida e de seu grau de intensidade, sendo que quanto mais aromático, melhor a qualidade do café; dos sabores característicos do café; de um amargor típico, mas não o resultante da excessiva torra do grão (ou carbonização); da presença não preponderante do gosto dos grãos defeituosos (verdes escuros, pretos, ardidados) ou de sua inexistência, para o caso dos cafés gourmet; da inexistência do gosto característico de grãos fermentados, podres ou preto-verdes; do equilíbrio e da harmonia da bebida, tudo se traduzindo numa sensação agradável durante e após a degustação.

## ANEXO 2 – Terminologia e Modelo da Ficha Técnica de Avaliação

**Composição:** é a percepção de café arábica ou conillon predominante na bebida.

Predominante Arábica: constituída de café arábica ou blendado, de bebida de sabor muito limpa, suave, resultando em uma bebida de café encorpado, aromático floral ou frutado, sabor ácido e doce equilibrado desejável, *aftertaste* adocicado e duradouro.

Predominante Conillon: constituída de café conillon ou blendado, de bebida de sabor neutro e acidez mediana.

**Bebida:** é a percepção de aroma e sabor característicos da bebida de café.

Bebida Mole: bebida de café que apresenta aroma e sabor agradável, brando e adocicado.

Bebida Dura: bebida de café que apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém não apresenta paladares estranhos.

Bebida Rio: bebida de café que apresenta sabor típico e acentuado de iodofórmio.

**Aroma:** é a percepção olfativa, causada pelos gases liberados do café torrado e moído após preparação da bebida (por percolação), conforme os compostos aromáticos são inalados pelo nariz.

Suave = quando a percepção dos voláteis lembra menos intensamente o odor característico da bebida do café, isto é, quando a percepção não é facilmente identificável, exigindo mais atenção do julgador, prova repetida e nova comparação com a referência.

Intenso = quando a percepção dos voláteis lembra fortemente e inequivocamente o odor característico da bebida do café, podendo ser nozes, caramelo, pão torrado, chocolate, quando para bebida Mole ou Dura, e podendo ser cereal, malte ou quando para bebida Rio.

Os julgadores devem distinguir os atributos Suave e Intenso das características de Fraco ou Ruim, que é aquele quando a percepção lembra pouco ou não lembra o aroma característico da bebida ou quando há odores desagradáveis, estranhos e indesejáveis (queimado, cinzas, resina, etc...).

**Sabor:** é a sensação causada pelos compostos químicos da bebida do café quando introduzida na boca, segundo o sabor característico de bebida do café Rio, Dura e Mole.

Suave = quando a percepção da bebida (Mole, Dura, Rio) é menos intensa, embora identificável como característica do café em análise. É a sensação de equilíbrio entre os atributos, mas que não

é predominante na avaliação, isto é, a suavidade do sabor é desejável e apreciada, quando se trata de Bebida Mole, mas é menos percebida para as Bebidas Dura e Rio.

Intenso = quando a percepção da bebida (Mole, Dura, Rio) é inequívoca e a sensação é imediata e completa, sendo típico e característico do café em análise.

**Corpo:** é a percepção tátil de oleosidade, viscosidade na boca, é quando caracteriza uma sensação de volume.

Leve = quando a sensação tátil é mais tênue, fazendo com que esta característica não prevaleça sobre as demais do café. Entretanto, não deve ser confundida com bebida rala e aguada.

Encorpado = quando a sensação tátil é imediata, forte.

### **Anexo 3: Caracterização das Línguas Eletrônicas ABIC 5, ABIC 6 e ABIC 7**

- ABIC 5:

S1- V13 PHMB/PEDOT

S2- V56

S3- V9 PAH/Ftalocianina

S4- V8

S5- V11 PANI/LSM

S6- V21

S7- V20 POEMA/Ftalocianina

S8- V14

S9- R29 SEM FILME

S10- R8

- ABIC 6

S1- V17 PANI/Ftalocianina

S2- V18

S3- V12 POEA/PSSTSA

S4- V15

S5- P8 PHMB/Ftalocianina

S6- R17

S7- R33 sem filme

S8- R49

S9- X42 PHMB/AC.CAPROICO

S10- X21

- ABIC 7

S1- S04 (300um)

S2- V73 igual nossos

S3- SA3F (2 dedos mas sem número de um)

S4- PC5 dedos largos

S5- SC- 3F (200um)

S6- PA- 2 igual aos nossos com mais dedos

S7- SD- 3F (300um)

S8- SE- 3F (500um)

S9- SB- S (150um)