

**ANÁLISE SENSORIAL, QUÍMICA E PERFIL DE  
CONSTITUINTES VOLÁTEIS  
DE CAFÉS ESPECIAIS**

**MIRIAN PEREIRA RODARTE**

**2008**

**MIRIAN PEREIRA RODARTE**

**ANÁLISE SENSORIAL, QUÍMICA E PERFIL DE  
CONSTITUINTES VOLÁTEIS  
DE CAFÉS ESPECIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**Orientadora**

Profa. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008**

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

Rodarte, Mirian Pereira.

Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de  
cafés especiais / Mirian Pereira Rodarte. – Lavras : UFLA, 2008.  
147 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.  
Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.  
Bibliografia.

1. Qualidade. 2. Voláteis. 3. Química. 4. Cafés especiais. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 663.93

**MIRIAN PEREIRA RODARTE**

**ANÁLISE SENSORIAL, QUÍMICA E PERFIL DE  
CONSTITUINTES VOLÁTEIS  
DE CAFÉS ESPECIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras como parte das exigências do Curso de  
Doutorado em Ciência dos Alimentos, para a  
obtenção do título de “Doutor”.

**Aprovada em 16 de dezembro de 2008**

**Profa. Dra. Maria Beatriz Abreu Glória** **UFMG**

**Prof. Dr. Rodinei Augusti** **UFMG**

**Prof. Dr. Rubens José Guimarães** **UFLA**

**Prof. Dr. Eric Batista Ferreira** **UFLA**

**Orientadora:**

Profa. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008**

*A Deus e a meus pais,  
que me direcionam com tanta sabedoria...*

## **AGRADECIMENTOS**

À professora Rose, muito obrigada! Não somente pelos seus ensinamentos, mas, sobretudo pelo seu exemplo de justiça e generosidade. Deus te ilumine, sempre!

Ao professor Dr. Rodinei Augusti, da Universidade Federal de Minas Gerais, por disponibilizar o Laboratório de Cromatografia e Espectrometria de Massas para as análises cromatográficas e ao Amauri Souza, pela grande ajuda na execução das análises e na interpretação dos resultados.

Ao professor Dr. Eric Batista Ferreira, pela competente orientação nas análises estatísticas.

Aos professores membros da banca, pela disponibilidade e contribuição no aprimoramento deste trabalho.

A Edson, Katiany e Samuel, obrigada pela dedicação e carinho que sempre recebi de vocês.

À Universidade Federal de Lavras e à Fapemig, por fornecerem as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, em especial aos meus muito amados Gabriela, Álvaro e Luciano.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO GERAL.....	iv
GENERAL ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Histórico da qualidade do café no Brasil.....	4
2.2 Importância da cadeia produtiva para a qualidade do café.....	5
2.3 Composição química dos grãos.....	8
2.4 Cafés especiais.....	12
2.5 Importância e aplicação da análise sensorial.....	15
2.6 Constituintes voláteis do café.....	24
2.7 Extração de compostos voláteis.....	39
2.8 Cromatografia gasosa / Espectrometria de massas.....	39
2.9 Tratamento estatístico de dados sensoriais e químicos.....	40
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO 2 ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS.....	49
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51
1 INTRODUÇÃO.....	52
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1 Matéria-prima e locais de execução.....	55

2.2 Preparo da amostra.....	55
2.3 Preparo para a degustação.....	55
2.4 Análise sensorial.....	56
2.5 Análise estatística.....	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4 CONCLUSÃO.....	67
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
CAPÍTULO 3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS CRUS E TORRADOS DE CAFÉS ESPECIAIS.....	71
RESUMO.....	72
ABSTRACT.....	73
1 INTRODUÇÃO.....	74
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	76
2.1 Matéria-prima e locais de execução.....	76
2.2 Preparo da amostra.....	76
2.3 Metodologias utilizadas para as análises químicas.....	77
2.3.1 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	77
2.3.2 Proteínas.....	77
2.3.3 Extrato etéreo.....	77
2.3.4 Ácidos clorogênicos totais.....	77
2.3.5 Acidez titulável.....	77
2.3.6 pH.....	78
2.3.7 Sólidos solúveis.....	78
2.3.8 Cinzas.....	78
2.3.9 Análise estatística.....	78

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
3.1 Açúcares totais, não redutores e redutores.....	79
3.2 Proteínas.....	83
3.3 Extrato etéreo.....	84
3.4 Ácidos clorogênicos totais.....	86
3.5 Acidez titulável.....	87
3.6 pH.....	90
3.7 Sólidos solúveis.....	91
3.8 Cinzas.....	92
4 CONCLUSÃO.....	94
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO 4 CONSTITUINTES VOLÁTEIS PRESENTES NOS GRÃOS TORRADOS E MOÍDOS DE CAFÉS ESPECIAIS.....	100
RESUMO.....	101
ABSTRACT.....	102
1 INTRODUÇÃO.....	103
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	105
2.1 Matéria-prima e locais de execução.....	105
2.2 Preparo da amostra.....	105
2.3 Metodologia de coleta dos compostos voláteis.....	106
2.4 Metodologia da análise cromatográfica.....	106
2.5 Análise estatística.....	107
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	108
4 CONCLUSÃO.....	143
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO

**TABELA 1** Classificação oficial do café quanto à bebida.....19

**TABELA 2** Alguns compostos voláteis encontrados no aroma do café torrado e as respectivas descrições olfativas.....38

### CAPÍTULO 2 ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS

**TABELA 1** Notas referentes a cada atributo na análise sensorial de amostras de café *Coffea arabica* L.....57

**TABELA 2** Notas finais na análise sensorial das amostras de café *Coffea arabica* L.....62

**TABELA 3** Classificação dos cafés especiais baseada na nota final da análise sensorial, segundo o protocolo da SCAA.....62

**TABELA 4** Descritores sensoriais relatados nas amostras de café torrado (*Coffea arabica* L.).....63

### CAPÍTULO 3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS CRUS E TORRADOS DE CAFÉS ESPECIAIS

**TABELA 1** Valores médios de açúcares totais ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....79

**TABELA 2** Valores médios de açúcares não redutores ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....81

**TABELA 3** Valores médios de açúcares redutores ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....82

**TABELA 4** Valores médios de proteínas ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....83

**TABELA 5** Valores médios de extrato etéreo ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....85

<b>TABELA 6</b> Valores médios de ácidos clorogênicos totais (g.100g <sup>-1</sup> MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....	86
<b>TABELA 7</b> Valores de acidez titulável (mL de NaOH 0,1 N/100 g) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....	88
<b>TABELA 8</b> Valores médios de pH em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....	90
<b>TABELA 9</b> Valores médios de sólidos solúveis (g.100g <sup>-1</sup> MS) grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....	91
<b>TABELA 10</b> Valores médios de cinza (g.100g <sup>-1</sup> MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.....	92
<b>CAPÍTULO 4 CONSTITUINTES VOLÁTEIS PRESENTES NOS GRÃOS TORRADOS E MOÍDOS DE CAFÉS ESPECIAIS</b>	
<b>TABELA 1</b> Tentativa de identificação de compostos voláteis nos <i>headspaces</i> das amostras de café torrado e moído.....	111
<b>TABELA 2</b> Área (x10 <sup>3</sup> ) dos furanos com identificação provável nos <i>headspaces</i> de todas as amostras de café torrado e moído.....	129
<b>TABELA 3</b> Área (x10 <sup>3</sup> ) das pirazinas e piridinas com identificação provável nos <i>headspaces</i> de todas as amostras de café torrado e moído.....	131
<b>TABELA 4</b> Área (x10 <sup>3</sup> ) das cetonas e pirróis com identificação provável nos <i>headspaces</i> de todas as amostras de café torrado e moído.....	133
<b>TABELA 5</b> Área (x10 <sup>3</sup> ) dos fenóis com identificação provável nos <i>headspaces</i> de todas as amostras de todas as amostras de café torrado e moído.....	135
<b>TABELA 6</b> Área (x10 <sup>3</sup> ) de outros compostos com identificação provável nos <i>headspaces</i> de todas as amostras de café torrado e moído.....	136
<b>TABELA 7</b> Área (x10 <sup>3</sup> ) de compostos com identificação provável nos <i>headspaces</i> de determinadas amostras de café torrado e moído.....	138

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO

**FIGURA 1** Estruturas químicas de alguns constituintes voláteis do café torrado.....29

### CAPÍTULO 2 ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS

**FIGURA 1** Espaço dos atributos na análise de componentes principais nas 10 amostras de cafés *Coffea arabica* L.....58

**FIGURA 2** Espaço das amostras na análise de componentes principais das 10 amostras de café *Coffea arabica* L.....59

### CAPÍTULO 4 CONSTITUENTES VOLÁTEIS PRESENTES NOS GRÃOS TORRADOS E MOÍDOS DE CAFÉS ESPECIAIS

**FIGURA 1** Cromatograma do *headspace* da amostra a de café torrado e moído .....108

**FIGURA 2** Cromatograma do *headspace* da amostra j de café torrado e moído .....109

**FIGURA 3** Espectro de massas do composto 1-(2-furanyl)-1-propanona.....109

**FIGURA 4** Espectro de massas do composto 3-etil-2,5-dimetil-pirazina.....110

**FIGURA 5** Espectro de massas do composto furil-2-metanol.....110

**FIGURA 6** Espaço dos componentes voláteis na análise de componentes principais nas 10 amostras de cafés especiais.....140

**FIGURA 7** Espaço das amostras na análise de componentes principais nas 10 amostras de cafés especiais.....141

## RESUMO GERAL

RODARTE, Mirian Pereira. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. 147 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras<sup>1</sup>.

O presente trabalho foi desenvolvido buscando caracterizar amostras de cafés especiais do estado de Minas Gerais. A avaliação química foi realizada pela composição química dos grãos e o perfil de voláteis no café torrado e moído. Os resultados das análises sensoriais das amostras foram interpretados analisando-se cada atributo pela utilização de métodos sensométricos. Foram utilizadas, neste experimento, amostras de café (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor, obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado e natural da safra 2007 do estado de Minas Gerais. Os atributos que mais contribuíram para a diferenciação na nota final das amostras analisadas foram doçura, acidez, gosto remanescente e balanço. As amostras a, b e c destacaram-se das demais. A acidez foi o atributo que mais caracterizou a amostra a, sendo esta amostra a que apresentou a maior variedade de descritores sensoriais relatados. Na amostra b, destacaram-se, principalmente, os atributos doçura e sabor e na c, a nota geral. As amostras foram caracterizadas principalmente como cítricas, doces e florais, sendo o descritor cítrico relatado na maioria das amostras. As amostras de cafés especiais apresentaram diferenças significativas em todas as variáveis químicas analisadas, com exceção do resíduo mineral fixo nos grãos crus e torrados e açúcares totais e não redutores nos grãos torrados. A torração promoveu decréscimo nos valores de açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, proteínas, ácidos clorogênicos totais, pH, sólidos solúveis totais e cinzas e aumento nos valores de lipídios e acidez titulável. A amostra a foi uma das que apresentaram os maiores valores de acidez titulável, coerente com a análise sensorial que atribuiu a maior nota numericamente ao atributo acidez nesta amostra. Todos os resultados encontrados nas análises químicas realizadas nos grãos crus e torrados estão de acordo com os apresentados, na literatura, para cafés de qualidade superior. A maioria dos compostos voláteis com identifi-

**Palavras-chave:** qualidade, voláteis, química, cafés especiais

<sup>1</sup> Comitê de Orientação: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-orientadores)

cação provável foi encontrada em todas as amostras, porém, em concentrações (áreas) diferentes. As classes de compostos químicos com maior número de identificações prováveis e maiores valores de área (concentração) foram furanos, pirazinas e cetonas. Os compostos voláteis mais correlacionados com as amostras foram 3-metil-piridina; n-etil-benzenamina; 1-(2-furanyl)-1-propanona; 2,4,6-tris (1,1dimetiletil)-4-metil-ciclohexa-2,5dien-1-ona; 4-vinil-guaiacol; 1-(1-metil-1-pirrol-2-il)- etanona; 3,4-dihidroxi-acetofenona, 4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona; 2-ciclohexen-1-ona e 2-metil-5-propil-pirazina (2-metil-6-propil-pirazina). Na análise dos componentes principais, as amostras tendem a se agrupar, aproximadamente, na mesma sequência das notas finais obtidas na análise sensorial. Houve correlação positiva entre o número de componentes voláteis e as amostras com maior pontuação na análise sensorial. Efeito inverso ocorreu com relação às amostras de cafés especiais, que obtiveram as menores pontuações finais na análise sensorial.

## GENERAL ABSTRACT

RODARTE, Mirian Pereira. Sensory and chemical analysis and volatile constituents profile of the special coffees. 2008. 147p. Thesis (Doctorate in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras\*.

The present work was carried out to characterize samples of special coffees of Minas Gerais state. The chemical assessment was made by the chemical composition of the coffee grains and the volatile components profile in the roast and grind coffee. The results of the sensory analysis of the samples were interpreted analyzing each attribute through sensometric methods. Coffee samples (*Coffea arabica* L.) type 2 to better peeled cherry and natural pre-process from the season 2007 in Minas Gerais state. The attributes which contributed the most to the final score of the analyzed samples were sweetness, acidity, remaining taste and balance. The samples a, b and c were remarkable. The acidity is the attribute which characterized most the sample a that showed the highest variety of reported sensory descriptors. The sample b was characterized mainly by the sweetness and flavor attributes and the sample c by the general score. The samples were characterized mainly as citric, sweet and floral; the citric descriptor was reported in most of the samples. The especial coffee samples showed significant differences in all the chemical variables analyzed except in the fixed mineral residue in the raw and roast grains and non-reducing and total sugars in the roast grains. The roasting process promoted a decrease in the values of total sugars, reducing sugars, non-reducing sugars, proteins, total chlorogenic acids, pH, total soluble solids and ashes and an increase in the titratable acidity and lipids. The sample a was one of samples with highest titratable acidity values in the roast grains, consistent with sensory analysis attributed the highest acidity score this sample. The chemical analysis results in the raw and roast grains were in accordance with superior quality coffee literature. Most of the volatile components with probable identification were found in all the samples, although in different concentrations (ranges). The

**Key-words:** quality, volatile, chemistry, special coffees

---

\* Guidance Committee: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Adviser); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-advisers).

chemical compounds strains which the highest number of probable identifications and the highest ranges (concentrations) values were furans, pyrazines and ketones. Volatiles constituents consistent with samples were pyridine-3-methyl; benzenamine, N-ethyl; 1-propanone, (1-(2-furanyl); 2,4,6-tris-(1,1-dimethylethyl)-4-methylcyclohexa-2,5-dien-1-one; 4-vinyl-guaiacol, ethanone, 1(1-methyl-1-pyrrol-2-yl); 3,4-dihydroxyacetophenone; 4-ethyl-2-hydroxy-2-cyclopenten-1-one; 2-cyclohexen-1-one; pyrazine, 2-methyl-5-propyl (pyrazine, 2-methyl-6-propyl). Main components analysis the samples tend to arrange in the same sequence of final scores in sensory analysis. Positive correlation was observed among volatiles constituents numbers and samples with highest scores in sensory analysis. Inverse effect was observed among the special coffees with lowest final scores in the sensory analysis.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Vários produtos apresentam segmentação de mercado por meio da diferenciação de atributos de qualidade. Essa diferenciação se deve a diversos fatores, como aumento da competitividade, aumento da preocupação com questões sociais e ambientais, desregulamentação de mercados e, principalmente, pela necessidade de atender às expectativas dos consumidores. A produção de café não se restringe apenas a grandes produções, mas está inserida em segmentos de mercado diferenciados que priorizam a qualidade. O consumo desses cafés diferenciados está em crescimento, tanto no mercado interno como no mercado externo (Saes, 2006; Leme, 2007).

Os cafés especiais são, hoje, um segmento de mercado em expansão, que exige monitoramento constante da qualidade, considerando que os consumidores e os compradores deste café diferenciado são muito mais exigentes. A análise sensorial de cafés não se restringe ao café duro para melhor, sem envolver os cafés especiais. As peculiaridades regionais e sensoriais são importantes na avaliação dos cafés especiais, que são mais valorizados quando apresentam determinados atributos desejáveis e ou são produzidos em regiões específicas. Essa produção diferenciada de cafés proporciona a maior inserção de pequenos produtores nesse processo, no qual muitos compradores valorizam a produção em pequena escala e a mão-de-obra familiar (Pereira, 2003; Brazil Specialty Coffee Association, 2008).

A qualidade do café é avaliada no Brasil pela análise física dos grãos e análise sensorial da bebida. Nos últimos anos, a análise sensorial para cafés especiais vem se tornando mais específica, com modificações nas metodologias utilizadas. Todas as etapas da análise sensorial devem ser cuidadosamente padronizadas para que seja possível identificar a potencialidade da bebida analisada (*Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008). Dentre os

atributos avaliados na análise sensorial, o aroma do café se destaca dos demais, tornando-o uma das características determinante da qualidade. O aroma do café consiste numa variedade de compostos de diferentes grupos funcionais e esta composição depende de diversos fatores como espécie, região de produção, procedimentos pós-colheita e parâmetros estabelecidos para a torração (Flament, 2002 Bassoli, 2006)

No entanto, a avaliação da qualidade do café não pode se restringir à análise sensorial, requerendo também análises químicas para complementá-la. As análises químicas são utilizadas para avaliar a qualidade nos grãos crus, nos torrados e na bebida. Recentemente, equipamentos analíticos de alta resolução têm permitido a análise química mais detalhada, tornando possível estabelecer maior relação entre os constituintes químicos voláteis e não voláteis e a qualidade sensorial da bebida (Flament, 2002; Salva & Lima, 2007).

Vários trabalhos são desenvolvidos buscando correlacionar a composição química e a qualidade do café, no entanto, existem poucos trabalhos direcionados para os cafés especiais. O presente trabalho foi desenvolvido buscando caracterizar amostras de cafés especiais do estado de Minas Gerais. A avaliação química foi realizada pela composição química dos grãos e o perfil de voláteis no café torrado e moído. Os resultados das análises sensoriais das amostras foram interpretados analisando-se cada atributo pela utilização de métodos estatísticos sensométricos que proporcionam uma melhor interpretação das informações amostrais.

## **CAPÍTULO 1**

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Histórico da qualidade do café no Brasil**

O sabor e o aroma presentes em uma xícara de café são a expressão final resultante de uma longa cadeia de transformações desde a semente até a xícara. A qualidade do café pode ser definida como um conjunto de atributos físicos, químicos, sensoriais e de segurança que atenda a diversos tipos de consumidores. Vários autores destacam a importância do cliente como foco da qualidade. Em cada estágio de produção e processamento do café, aquele que recebe o produto como matéria-prima para seu processo é denominado cliente interno; os clientes externos incluem o público intermediário e os consumidores finais. Com base nestas definições, a qualidade deve ser uma constante em todas as etapas da cadeia produtiva (Pereira, 2003; Leme, 2007).

Durante muitos anos, os cafés no mercado brasileiro têm sido de baixa qualidade e muitas vezes adulterados com impurezas, como cascas, milho e cevada. Grande parte dos cafés de melhor qualidade é exportada, no entanto, o café brasileiro, no exterior, às vezes, é considerado com sendo de qualidade inferior, com pouca diferenciação e, conseqüentemente, menor valor de mercado, quando comparado aos de algumas outras origens. As transformações no mercado interno e externo do café surgiram a partir da década de 1990, quando várias ações foram realizadas tendo como foco a qualidade do café. Outros fatores que contribuíram para o aumento do consumo foram as campanhas de divulgação do produto e também as pesquisas relacionadas ao café e saúde (Leme, 2007; Oliveira, 2007; Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC 2008).

Visando aumentar o consumo e valorizar o café do Brasil, a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) implementou o selo de pureza, no início dos anos 1990, com o objetivo de evitar fraudes. Posteriormente, foram inseridos

outros, como o selo de qualidade e diversos programas de valorização da qualidade (Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC, 2008).

No mercado externo, os consumidores de países desenvolvidos passaram a demandar cafés de qualidade certificada, seja por meio do processo de produção, como os orgânicos ou pela qualidade sensorial da bebida, como os gourmets. Acompanhando o mercado externo, várias ações foram realizadas para incentivar o consumidor brasileiro a também descobrir o mercado dos cafés diferenciados. A implementação de várias associações contribuíram para a valorização da qualidade do café, tanto no mercado interno quanto no externo. Dentre elas destacam-se: *Brazilian Specialty Coffee Association* (BSCA), Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACCCER) e Associação de Cafeicultura Orgânica (ACOB). A certificação de origem dos cafés também foi implementada, com o objetivo de valorizar o café de uma determinada região, como, por exemplo, o certificado “Cafés do Cerrado” e o “Cafés de Minas” (Leme, 2007; Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC, 2008; *Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008).

Os produtores têm, hoje, vários incentivos para a produção de cafés de qualidade, como diversos concursos de premiação pela qualidade, tornando o café brasileiro reconhecido no mercado também pela sua qualidade e não apenas pela quantidade (Leme, 2007; Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC, 2008; *Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008).

## **2.2 Importância da cadeia produtiva para a qualidade do café**

Apesar da existência de várias espécies de café, as que têm importância econômica no mercado mundial são o arábica (*Coffea arabica* L) e o robusta (*Coffea canephora* Pierre). O café arábica possui maior valorização em função da melhor qualidade, oferecendo aroma intenso e diferentes sabores. O *C. canephora* não apresenta a mesma qualidade sensorial, sendo utilizado nas ligas

ou mesclas (*blends*) com o arábica, com a finalidade de conferir mais corpo à bebida e diminuir a acidez do arábica. É usado também para fornecer um produto de menor custo e ajustar a bebida à preferência ou ao costume de determinada classe de consumidores (Illy & Viani, 1998; Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

Outro fator determinante da qualidade do café é o ambiente em que a lavoura foi cultivada, já que a diversidade climática proporciona variações quanto a acidez, corpo, doçura e aroma do café. O Brasil possui grande diversidade de cafés quanto à qualidade da bebida, em decorrência da ampla variedade de solos e de climas, associadas a diferentes sistemas de manejo da lavoura, colheita e pós-colheita. Algumas características são importantes para a identificação das lavouras para a produção de cafés de qualidade, como altitude, umidade relativa do ar, variedade do café, estágio de maturação e tratos culturais. Geralmente, as lavouras potencialmente produtoras de cafés de melhor qualidade localizam-se nas áreas de maior altitude com baixa umidade relativa do ar, apresentam maturação mais homogênea e os tratos culturais são eficientes (Centro de Inteligência do Café-CIC, 2008).

As etapas de colheita e pós-colheita também exercem interferência na qualidade do café. No Brasil, na maioria das regiões ocorrem diversas floradas, o que provoca desuniformidade na maturação dos frutos. Em grande parte das propriedades, a colheita é realizada por derriça, ou seja, são retirados frutos em diferentes estágios de maturação. No caso da colheita por derriça, recomenda-se que a mesma seja realizada quando houver um maior percentual de frutos cerejas. O pré-processamento do café pode ser realizado por via seca (natural) ou por via úmida (cereja descascado, desmucilado e despulpado). O pré-processamento dos frutos deve ser escolhido buscando-se aquele que mais favoreça a qualidade do café (Pereira, 2003; Chalfoun & Carvalho, 2000).

A via seca origina o café natural e consiste na secagem dos frutos inteiros em terreiros e ou em secadores mecânicos. A via úmida consiste na retirada do exocarpo e de parte do mesocarpo ou mucilagem do fruto maduro (cereja) por meio do descascador mecânico. Durante a retirada da casca, parte da mucilagem é retirada. Quando o grão é seco com o endocarpo (pergaminho) e parte da mucilagem aderidos ao mesmo, obtém-se o café cereja descascado. Quando a mucilagem é retirada, originam-se os cafés despolpados e desmucilados. Devido ao elevado teor de polissacarídeos na mucilagem e à grande quantidade de água nos frutos, os riscos de deterioração são elevados (Pereira, 2003; Chalfoun & Carvalho, 2000).

A secagem deve ser iniciada logo após a colheita para que sejam evitadas as fermentações que prejudicam a qualidade do café, podendo ser realizada em terreiros e ou secadores. Após a secagem, o café em coco (via seca) ou os cafés em pergaminho (via úmida) podem ser armazenados até o beneficiamento. No beneficiamento, as camadas externas do grão são eliminadas, assim como alguns defeitos presentes na amostra. É possível uma triagem colorimétrica utilizando-se máquinas com fotossensores, o que permite separar grãos muito escuros (grãos pretos e preto-verdes), muito claros ou manchados. A triagem também pode ser realizada eliminando-se defeitos por meio mecânico ou pneumático (uso de ar comprimido para a eliminação de grãos quebrados ou malformados, mais leves) (Pereira, 2003; Chalfoun & Carvalho, 2000).

Após o beneficiamento, o café é classificado com relação à bebida e ao tipo, segundo as normas do Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento. O tipo é determinado em função do número de defeitos, variando do tipo 2 ao 8; a qualidade da bebida é determinada sensorialmente pela prova da xícara (Brasil, 2003; Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

### **2.3 Composição química dos grãos**

Os compostos presentes nos grãos de café crus são muito importantes para a qualidade do café, uma vez que são precursores dos compostos formados durante a torração, que são responsáveis pelo sabor e aroma do café (Flament, 2002).

Dentre os compostos presentes nos grãos, destacam-se as substâncias nitrogenadas, os açúcares e os ácidos clorogênicos (Flament, 2002).

Os compostos nitrogenados presentes no café são os alcalóides, as proteínas e os aminoácidos livres. A cafeína é o principal alcalóide presente no café, porém, quantidades reduzidas de outros alcalóides, como a teofilina e a teobromina, também estão presentes. A cafeína é um alcalóide farmacologicamente ativo, é inodora e possui sabor amargo bastante característico. É o componente mais conhecido devido às suas propriedades fisiológicas e farmacológicas, principalmente em relação ao seu efeito na redução do sono e às suas propriedades estimulantes, sendo empregada em medicamentos e bebidas energéticas. A cafeína tem relativa estabilidade na torração, mesmo em altas temperaturas (De Maria et al., 1999; Flament, 2002).

A trigonelina, também é um alcalóide, presente em torno de 1% no grão cru e sofre desmetilação na torração para formar a niacina, uma vitamina do complexo B, em quantidades que dependem do grau de torração. Além da niacina, são formados compostos voláteis responsáveis pelo aroma da bebida (Viani & Horman, 1974).

As proteínas contribuem para o sabor do café por meio das reações de decomposição que ocorrem durante o processo de torração. Os grupamentos aminos reagem com os açúcares redutores (reação de Maillard), dando origem a compostos coloridos desejáveis, responsáveis pela cor marrom do café, além de promoverem a formação de diversos compostos importantes para o aroma do café (Carvalho et al., 1997).

A classe dos carboidratos é constituída pelos polissacarídeos e açúcares de baixa massa molecular, e os polissacarídeos representam a maior proporção, a, aproximadamente, 50%. Dentre os polissacarídeos, as mananas, as galactomananas, as arabinogalactanas e a celulose encontram-se em maiores quantidades. Os polissacarídeos são parcialmente perdidos durante a torração, formando complexos com outros polissacarídeos, proteínas, fragmentos de proteínas e ácidos clorogênicos. Ao contrário dos açúcares de menores massas moleculares, os polissacarídeos não contribuem para a formação do sabor do café durante a torração, porém, são importantes para a retenção do aroma da bebida, além de interferirem na viscosidade do café espresso (Flament, 2002).

Os açúcares redutores são encontrados em pequenas quantidades no café cru, porém, durante o processo de torração, pode ocorrer um aumento dos mesmos devido à degradação dos açúcares não-redutores, particularmente a sacarose. Durante a torração, os açúcares redutores reagem com aminoácidos (reação de *Maillard*), dando origem à coloração característica dos grãos torrados, além da formação de compostos responsáveis pelo aroma e sabor da bebida (Flament, 2002).

A fração lipídica do café é composta, principalmente, por triacilgliceróis, esteróis e tocoferóis. Os lipídios estão presentes no endosperma e uma pequena quantidade de cera localiza-se na superfície dos grãos. O teor de lipídios aumenta proporcionalmente após a torração, devido à degradação de carboidratos (Lago, 2001; Speer & Kolling-Speer, 2006).

Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos não voláteis encontrados no café. São formados pela esterificação de um ou mais derivados do ácido trans-cinâmico, como os ácidos caféico (AC), ferúlico (AF) e p-cumárico (ACo) com o ácido quínico (Clifford, 1999). Os principais subgrupos de isômeros de ácidos clorogênicos em café são o ácido cafeoilquínico (ACQ), o ácido feruloilquínico (AFQ), o ácido dicafeoilquínico

(diACQ) e, em menor quantidade, o ácido p-cumaroilquínico (pCQA) (Trugo & Macrae, 1984, Clifford, 1999).

O conteúdo de ácidos clorogênicos no café varia conforme a espécie e a variedade, assim como a extração e o método de análise empregados. Os ácidos clorogênicos sofrem degradação durante a torração. Aproximadamente a metade dos ácidos clorogênicos perdida na torração pode ser encontrada na fração pigmentos, na forma de ácido quínico livre e compostos fenólicos de massas moleculares menores. O restante é perdido por volatilização ou permanece sem caracterização (De Maria, 1999; Flament, 2002)

A melhor qualidade sensorial do café arábica em relação ao robusta sugere que a maior quantidade de açúcares e lipídios e a menor quantidade de ácidos clorogênicos e cafeína predispõem a uma melhor qualidade do café (Clifford, 1975). No entanto, não foram realizados trabalhos conclusivos sobre esta hipótese.

A torração é um processo térmico muito importante para a qualidade do café, uma vez que, durante o mesmo, ocorrem as reações químicas fundamentais para o desenvolvimento do aroma e do sabor, além de alterações físicas, como a mudança de cor e a expansão dos grãos. As alterações microestruturais que ocorrem nos poros durante a torração são importantes para a qualidade, pois interferem no processo de transferência de massa durante a torração e a estocagem. Os microporos estão relacionados com a migração dos óleos para a superfície dos grãos, participando, assim, da liberação dos compostos voláteis (Schenker et al., 2000).

O ponto de torração afeta diretamente a formação do sabor e do aroma do café e está diretamente relacionado à cor dos grãos. Muitas vezes, o ponto de torração é determinado visualmente, porém, como a torração está relacionada com a qualidade, é necessário realizar o acompanhamento da mesma. Esta pode ser feita pela temperatura da massa de grãos, alterações na composição química,

colorimetria, perda de massa, espectrometria de infravermelho ou por discos com os padrões de torração, sendo mais conhecidos os discos Agtron (Melo, 2004; Uejo Neto, 2008).

Discos Agtron são um conjunto de discos de cores desenvolvidos pela SCAA e a empresa Agtron, de altíssima resolução, baseados nos resultados obtidos em um equipamento de avaliação da torração que funciona com base no princípio de reflexão de feixes de luz incidentes no café. O ponto de torração é verificado por uma escala de coloração que tende a zero para as mais escuras e as mais claras tendem a cem (Uejo Neto, 2008). No entanto, existem colorímetros que são mais precisos para esta avaliação.

A acidez refere-se à percepção causada por substâncias como os ácidos clorogênicos, cítrico, málico e tartárico, que produzem gosto ácido. O aroma é a percepção olfativa causada pelos gases liberados do café torrado e moído após a preparação da infusão, conforme os compostos aromáticos são inalados pelo nariz. O corpo é a percepção táctil de oleosidade e de viscosidade, na boca, da bebida do café. Na torração clara, a característica predominante é a acidez, porém, à medida que a torração evolui, essa característica diminui, deixando ressaltar corpo e aroma. Na torração intermediária, o aroma e o corpo são mais acentuados. Nos estágios mais avançados da torração, o sabor de queimado é evidenciado devido à carbonização de alguns componentes (Melo, 2004; *Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008; Uejo Neto, 2008).

A alteração da cor ocorre gradativamente durante a torração. Inicialmente, os grãos apresentam coloração esverdeada. Ao atingirem temperatura de 90°-130°C, ocorre a expansão dos grãos, os quais adquirem coloração marrom-clara (disco Agtron 80-75). Neste ponto, ocorre um aroma mínimo, possuindo um sabor parecido com chá. Nenhum óleo é evidenciado na superfície dos grãos nesta fase.

Na temperatura de 170°-190 °C, os grãos ainda estão se expandindo. Este é o estágio do primeiro *crack*, no qual os grãos apresentam coloração marrom-escura (disco Agtron 74-85) e a bebida apresenta acidez mais acentuada. A 210°-220°C, os grãos estão quase no máximo de expansão e o estágio do primeiro *crack* se encerra (disco Agtron 64-60). Na temperatura de 224°-230°C ocorre a expansão máxima dos grãos, o óleo está levemente visível, a bebida apresenta acidez balanceada e corpo mais completo. Inicia-se o estágio do segundo *crack* (disco Agtron 60-50). Na temperatura 230°-235°C, os grãos assumem coloração marrom-escura (disco Agtron 49-45), apresentando óleo na superfície. A bebida apresenta baixa acidez e corpo pesado, emergindo um amargor adocicado. A 235°-240°C, os grãos estão pretos (Agtron 44-35). Na bebida, o amargor domina a acidez e os aromas decrescem. Na temperatura 240°-246°C, os grãos estão pretos escuros (Agtron 34-25), cobertos com óleo e com cheiro de queimado. Na bebida, o amargor domina. Na temperatura 246°-265°C, os grãos perdem o sabor característico do café (Agtron 24-15) (Melo, 2004).

No Brasil, o grau de torração predominante é escuro em torno do disco Agtron 45, favorecendo as fraudes, pois encobre partículas de outros materiais que, torrados a ponto de carbonizar, são misturados ao pó de café, não sendo detectáveis na fiscalização por métodos visuais. No entanto, nos últimos anos, com o surgimento de cafés superiores no mercado, esse padrão de torração vem sendo questionado (Moura et al., 2007).

## **2.4 Cafés especiais**

Um café especial é caracterizado por apresentar qualidade diferenciada. Segundo a SCAA, um café é considerado especial quando obtém uma pontuação a partir de 80, na análise sensorial. As características dos cafés especiais *gourmet*, origem, sombreado, orgânico e *fair trade*, são descritas a seguir.

*Gourmet*: relaciona-se a características intrínsecas do grão, como doçura, acidez e corpo, entre outros atributos. Para obter um café *gourmet*, são necessárias alterações na produção, principalmente na etapa pós-colheita. É necessário que os cafeicultores separem os frutos cerejas dos verdes e secos, secando-os separadamente para obter lotes segregados (Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC, 2008).

*Origem*: o controle de origem ainda está sendo implementado para os cafés do Brasil. No caso de Minas Gerais, o governo regulamentou o certificado de origem para os cafés do estado (Leme, 2007).

*Sombreado*: café produzido sob o abrigo de floresta natural, promovendo um hábitat para pássaros, insetos e outros animais (Saes, 2006).

*Orgânico*: é cultivado sob as regras da agricultura orgânica, que tem como objetivo o fortalecimento de processos biológicos, por meio de diversificação de culturas, fertilização com adubos orgânicos e controle biológicos de pragas. Esse conceito apresenta fortes características de preservação ambiental e também considera aspectos econômicos e sociais da produção agrícola, porém, com ênfase menor que os produtos *fair trade*. Para serem rotulados como orgânicos, tanto a produção quanto o processamento precisam ser monitorados por certificadores credenciados (Saes, 2006; Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

*Fair trade* (comércio justo solidário): os produtores recebem preços mais altos em decorrência da transparência e do comprometimento dos segmentos da cadeia. O café *fair trade* é consumido, principalmente, em países desenvolvidos, por consumidores preocupados com as condições socio-ambientais, sob as quais o café é cultivado. Segundo a *Fair Trade Federation*, os princípios do movimento incluem: pagamento de salários justos aos trabalhadores, trabalho cooperativo, educação do trabalhador, sustentabilidade ambiental, suporte técnico e financeiro, e respeito à identidade cultural. Mesmo

não focalizando a agricultura orgânica como um ideal, os movimentos orgânico e *fair trade* mostram convergência de interesses, na medida que contribuem para a sustentabilidade da produção (Saes, 2006; Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

O café *gourmet* não exige a rastreabilidade do produto, uma vez que a identificação da qualidade depende da análise sensorial, que pode rapidamente determinar se o produto é ou não de qualidade superior. No caso dos demais cafés especiais, principalmente o orgânico e o *fair trade*, a certificação permite que os pequenos produtores se incorporem com mais facilidade ao mercado de cafés diferenciados. Quando certificados por agências com reconhecimento internacional, há grande interesse do consumidor externo em comercializar diretamente com o produtor ou com grupos de produtores, o que reduz o número de intermediários e favorece a negociação (Leme, 2007; Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

No Brasil, a produção de cafés especiais é representada pelos seguintes estados e respectivas regiões:

- MG: Sul de Minas, Matas de Minas, Cerrado e Chapada de Minas;
- ES: montanhas do Espírito Santo;
- SP: Mogiana, Alta Paulista e região de Piraju;
- BA: Chapada Diamantina e Oeste;
- PR: Norte Pioneiro, Oeste e Noroeste (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

Devido à diversidade geográfica, os cafés especiais brasileiros apresentam uma variedade de sabores e qualidades. Os invernos secos dos planaltos da Bahia e do norte de Minas favorecem a produção de cafés aromáticos. O Cerrado de Minas beneficia-se de estações bem definidas, maturação uniforme e muito sol durante a colheita, para produzir cafés com perfeito equilíbrio entre corpo e acidez. As montanhas do sul de Minas e da

região Mogiana são conhecidas por produzirem cafés com corpo e aroma excelentes e uma doçura natural dificilmente encontrada (*Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008). O Brasil detém qualidades competitivas, devido a diferenças regionais de caráter social, econômico, cultural e edafoclimático não encontradas em nenhum outro país produtor, o que eleva muito o potencial competitivo brasileiro. O segmento de cafés especiais permite que o produtor conquiste compradores que estejam dispostos a pagar mais por um produto de qualidade e com características diferenciadas (Leme, 2007).

Durante muito tempo, os cafés especiais produzidos no Brasil eram direcionados somente ao mercado externo, e internamente eram consumidas pequenas quantidades. Nos últimos anos, o quadro vem se modificando, com um aumento significativo dos cafés especiais em todo o mundo, incluindo o Brasil. Hoje se pode encontrar um produto diferenciado em cafeterias, supermercados e outros (Leme, 2007).

### **2.5 Importância e aplicação da análise sensorial**

As indústrias de alimentos e bebidas têm buscado identificar e atender às necessidades dos consumidores, principalmente num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial é um importante componente neste processo, envolvendo um conjunto de diversas técnicas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial, em várias etapas do seu processo de fabricação. É uma ciência que objetiva, principalmente, estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo a sua aceitação ou rejeição (Della Lucia et al., 2006).

A análise sensorial é usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e bebidas, utilizando os sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. A percepção sensorial inicia-se com um estímulo que aciona os órgãos dos sentidos, sendo convertido em um sinal nervoso que é

transmitido ao cérebro. Dentre os sentidos envolvidos na análise sensorial, o olfato e o paladar se destacam. O sabor é uma resposta integrada às sensações do gosto e do aroma. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis que determinam os gostos básicos. O aroma decorre da presença de dezenas ou de centenas de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas (Franco & Janzanti, 2003).

Um produto pode apresentar excelentes características químicas, físicas e microbiológicas, porém, é imprescindível que as características sensoriais atendam aos anseios e às necessidades do consumidor. A análise sensorial é, assim, um fator determinante da qualidade, uma vez que a qualidade de um alimento ou bebida implica também na satisfação do consumidor (Della Lucia et al., 2006).

A análise sensorial apresenta algumas desvantagens, como o custo envolvido para o desenvolvimento do experimento, além da dependência de fatores ambientais e emocionais relacionados ao seu instrumento de medida, o homem. Existe também a possível falta de precisão dos dados, causadas pela avaliação do homem. No entanto, existem formas de minimizar algumas das desvantagens descritas anteriormente, a fim de se obter uma análise precisa e confiável do produto em questão (Della Lucia et al., 2006).

A qualidade sensorial de um alimento ou bebida não é característica própria, mas o resultado da interação com o homem. A qualidade sensorial é uma função tanto dos estímulos procedentes dos alimentos ou bebidas como também das condições fisiológicas e sociológicas dos indivíduos que o avaliam, no contexto ambiental em que se localizam esse indivíduo e o próprio produto (Della Lucia et al., 2006).

A qualidade de um alimento ou bebida envolve características, como aparência, sabor, textura, forma, método de preparo, custo e sazonalidade. Também estão presentes as características do indivíduo associadas a idade, sexo,

educação, renda entre outras. Em termos ambientais, a qualidade sensorial de um alimento sofre influência do grau de urbanização em que está inserido o indivíduo, do ambiente de trabalho e da própria estação do ano em que se encontra o homem e se consome o alimento (Della Lucia et al., 2006).

Existem algumas características importantes relacionadas às condições de aplicação dos testes sensoriais:

- o laboratório de análise sensorial deve possuir um ambiente tranquilo, que seja possível evitar ou impedir distrações e interrupções, além de proporcionar conforto físico aos julgadores. Deve ser localizado numa área de fácil acesso aos julgadores, longe do local de processamentos de alimentos, a fim de evitar a contaminação com odores e distúrbios ocasionados por ruídos. Os materiais para construção e confecção de suas mobílias devem ser livres de odores, de fácil limpeza e de superfície não-porosa;

- deve-se evitar qualquer tipo de material que possa transferir ou absorver odores ou, ainda, que transfiram sabores estranhos ao alimento; deve-se, portanto, evitar o uso de plástico e madeira, sendo recomendada a utilização de vidro ou aço inoxidável;

- os julgadores não devem ter acesso à área de preparação da amostra, uma vez que poderão adquirir informações que poderão influenciar no seu julgamento;

- o horário de aplicação dos testes tem grande influência sobre os resultados obtidos para as análises. Em geral, as análises não devem ocorrer em horários muito próximos aos das principais refeições do dia (Della Lucia et al., 2006).

A análise sensorial do café é conhecida como “prova da xícara” e adotada no Brasil desde 1917. Nesta análise, os provadores treinados classificam a bebida pelo sabor e pelo aroma apresentados. Inicialmente, os grãos crus são avaliados e classificados de acordo com as normas estabelecidas pelo Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A amostra é avaliada com relação ao formato e ao tamanho dos grãos, número de defeitos e à coloração dos grãos. A amostra de café é classificada por tipo de acordo com o percentual de defeitos, matérias estranhas e impurezas presentes na mesma. De acordo com a coloração, o café beneficiado pode ser classificado em oito classes: verde azulado e verde-cana (cores características do café despolpado); verde (coloração verde e suas nuances); amarelada (indicando sinais de envelhecimento); amarela, marrom, chumbado, esbranquiçada e discrepante (mistura de cores oriundas de ligas de safras ou cores diferentes). Para a análise sensorial da bebida, são utilizados 150 gramas de grãos torrados num ponto de torração clara e moídos em granulometria grossa. Dez gramas da amostra torrada e moída são levadas para as mesas de prova em potes de cerâmica ou vidro, aos quais serão acrescentados 100 mL de água filtrada ou mineral, à temperatura de 90°C. A técnica da prova da xícara consiste na sorção, degustação e descarte da bebida. A seguir, as amostras são classificadas segundo a Tabela Oficial de Classificação do Café quanto à bebida (Tabela 1)

**TABELA 1** Classificação oficial do café quanto à bebida.

<b>Classificação da bebida</b>	<b>Características sensoriais</b>
Estritamente mole	Apresenta os requisitos de sabor e aroma “mole”, porém mais acentuado.
Mole	Apresenta aroma e sabor agradável, brando e adocicado
Apenas mole	Apresenta sabor levemente suave e doce, mas, sem adstringência ou aspereza do paladar
Dura	Apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém, sem paladares estranhos
Riado	Apresenta leve sabor iodofórmico
Rio	Apresenta sabor típico e acentuado de iodofórmio
Rio zona	Apresenta sabor e aroma acentuados, semelhante ao do iodofórmio ou do ácido fênico, repugnante ao paladar

Fonte: Brasil (2003).

A torração clara dos grãos de café é utilizada para a análise sensorial (prova da xícara) por permitir a melhor percepção de sabores e aromas que podem depreciar a bebida. Quando o processo é interrompido na torração clara, as substâncias de sabor do café acabam não sendo totalmente desenvolvidas, facilitando a identificação dos defeitos da bebida. No entanto, a metodologia da SCAA tem como objetivo identificar todo o potencial de qualidade de um café. Por isso, o ponto de torração recomendado é o de consumo. A metodologia SCAA recomenda que a torração seja finalizada com o ponto entre os discos Agrtron 65 e 55. A SCAA iniciou a codificação de sua metodologia de avaliação

de cafés em meados dos anos 1990, por meio de seu *Technical Standards Committee* (Comitê de Normas Técnicas). Na primeira planilha de avaliação, eram analisados oito atributos (bebida limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, sabor remanescente, balanço, nota geral) de zero a oito pontos, a seguir era adicionado um fator 36. Essa metodologia foi trazida para o Brasil em 1997, por George Howell (*Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008).

A partir de 2001, o número de atributos foi expandido. No protocolo para análise sensorial da SCAA, são descritos detalhadamente todos os procedimentos que devem ser utilizados na avaliação sensorial, incluindo as etapas de equipamentos necessários, preparação da amostra, preparação para a degustação, características da água utilizada e avaliação da amostra. A qualidade do café é a seguir expressa em uma escala numérica, cujo valor máximo é dez. São avaliados dez importantes atributos para o café: fragrância/aroma, finalização, acidez, corpo, balanço, uniformidade, xícara limpa, doçura e avaliação global. Além desses atributos, os defeitos também são avaliados numericamente. A nota dada aos defeitos deve ser subtraída do resultado total. Cada um dos atributos é descrito detalhadamente a seguir.

***fragrância/aroma:*** a fragrância é definida como o cheiro da torra do café quando este ainda está seco, enquanto o aroma é o cheiro do café, quando diluído em água quente;

***sabor:*** a pontuação dada ao sabor relata a intensidade, a qualidade e a complexidade da combinação gosto e aroma, experimentadas quando o café é sugado para dentro da boca vigorosamente, assim envolvendo todo o paladar para a avaliação;

***finalização:*** é definida como a duração positiva do sabor (gosto e aroma). Se a finalização for curta e desagradável, uma pontuação baixa é concedida;

**acidez:** é descrita como agradável, quando favorável. A acidez contribui para a vivacidade do café, sendo imediatamente experimentada quando o café é primeiramente sugado para dentro da boca;

**corpo:** a qualidade do corpo é baseada no sentimento tátil do líquido na boca, especialmente percebidos entre a língua e o céu da boca;

**balanço:** é a complementação ou o contraste dos aspectos variados: sabor, finalização, acidez e corpo. Se uma amostra está faltando determinado aroma ou atributo de gosto ou se os atributos são demasiadamente excessivos, a pontuação do balanço será reduzida;

**doçura:** refere-se ao agradável sabor doce, sendo sua presença resultado da presença de certos carboidratos. O oposto da doçura é a adstringência ou sabores “verdes”. Dois pontos são concedidos para cada xícara, com um resultado máximo de dez pontos;

**xícara limpa:** refere-se à falta de interferência de impressões negativas desde a primeira ingestão à sensação de finalização, refletindo a transparência da bebida. Numa avaliação a este atributo, observa-se a total influência do sabor, desde a sua ingestão até expeli-lo. Dois pontos são concedidos para cada xícara;

**uniformidade:** refere-se à consistência de diferentes xícaras e amostras provadas. Se as xícaras tiverem sabores diferentes, o valor desse aspecto não deverá ser alto. Dois pontos são atribuídos a cada xícara, com um máximo de dez pontos, se todas as xícaras estiverem iguais;

**resultado global:** refere-se ao valor da amostra; por exemplo, uma amostra com aspectos agradáveis muito altos, mas que apresente discrepâncias receberá um valor menor;

**defeitos:** são sabores negativos que depreciam a qualidade do café. São classificados de acordo com a intensidade: leve ou grave. Um defeito leve pode ser um sabor desagradável, menos intenso, sendo atribuída, nesse caso, uma nota dois, em intensidade. Para uma amostra com muita adstringência, sabor de verde

ou fermentado, é concedido o valor quatro. Verificam-se quantas xícaras apresentaram o defeito, devendo multiplicar pela nota do defeito. Esse resultado deve ser subtraído do total.

O resultado final é a soma dos resultados individuais dados para cada atributo (resultado total), subtraídos os defeitos. Os cafês que apresentam notas a partir de 80 são considerados cafês especiais (*Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

Devido ao fato de a análise sensorial do café ser uma classificação subjetiva, várias pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de relacionar as características sensoriais da bebida com análises químicas e físico-químicas, com o objetivo de auxiliar a análise sensorial (Lehotay & Hajslova, 2002; Dyminski et al., 2005).

O aroma é uma das características mais marcantes dos alimentos e bebidas, tornando sua avaliação objetiva uma das tarefas mais importantes da indústria de alimentos. Para a identificação dos compostos voláteis cada vez mais são utilizados métodos de cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (CG-MS), que têm se tornado comercial e tecnicamente disponíveis e viáveis (Lehotay & Hajslova, 2002).

O sistema olfatório humano é muito complexo, e ainda não totalmente conhecido. É constituído por um grande número de células olfativas receptoras (superior a 10 milhões), compreendendo mil tipos diferentes de receptores moleculares. Atualmente, o estudo da interação de aromas combina o sentido humano com instrumentos e métodos. A cromatografia a gás acoplada à olfatometria (CG/O) associa o poder de resolução da cromatografia a gás com a seletividade e a sensibilidade do nariz humano. Os sensores gustativos (língua eletrônica) e o nariz eletrônico foram implementados como ferramentas auxiliares na análise sensorial de alimentos (Dyminski et al., 2005).

O gosto é a sensação percebida pelo órgão gustativo quando estimulado por determinadas substâncias solúveis e envolve a percepção dos cinco gostos básicos: doce, azedo, amargo, salgado e um quinto, chamado umami (Kant, 2005). Os gostos básicos acontecem quando essas substâncias são detectadas em uma membrana biológica, composta, principalmente, de lipídios e proteínas, das células dos botões gustativos da língua. As informações trazidas pelas diferentes substâncias são transformadas em sinais elétricos que são transmitidos ao cérebro. O cérebro associa a informação das papilas gustativas com outras recebidas do olfato e da visão e, com a ajuda da memória, identifica o gosto.

O funcionamento do sensor gustativo utiliza o mesmo conceito da língua humana, conhecido como seletividade global, ou seja, o sistema biológico não identifica uma substância específica, mas agrupa todas as informações em padrões que o cérebro decodifica. Assim, o ser humano reconhece o gosto do café, mas não reconhece que ele é composto por várias moléculas (Mattoso, 2001). O desenvolvimento de sensores gustativos é altamente desejável pelas indústrias de alimentos, bebidas e farmacêuticas, devido à possibilidade de monitoramento contínuo de produtos e, ainda, a não exposição de seres humanos a substâncias tóxicas ou de sabor desagradável (Riul Júnior, 2002).

Os narizes eletrônicos são equipamentos com uma multiplicidade de elementos sensores químicos, aos quais o fluxo gasoso contendo o aroma do alimento é conduzido (Stephan et al., 2000). Os seres humanos têm sensibilidade e resposta a um repertório que excede grandemente esses equipamentos. No entanto, o nariz eletrônico tem o potencial de responder a certos compostos químicos que não se pode cheirar ou não se deve, por uma questão de segurança. Os narizes eletrônicos não são tão sofisticados quanto o nariz humano, porém, eles estão sendo aperfeiçoados (Alves, 2003).

A utilização simultânea dos dois sensores, o nariz e a língua eletrônicos, pode incrementar as informações extraídas das amostras. Esses instrumentos

analisam aspectos diferentes da percepção sensorial de alimentos. A integração dos dois sistemas, que são complementares, gera uma integração de dados que proporciona um melhor resultado. Embora com toda tecnologia disponível, parte da subjetividade da avaliação sensorial deve permanecer (Alves, 2003; Deisingh et al., 2004; Dyminski et al., 2005).

Na análise sensorial de alimentos, a definição dos descritores sensoriais que serão empregados pelos julgadores sensoriais é de extrema importância, permitindo, ainda, a análise estatística dos resultados conjuntos obtidos pelos integrantes da equipe. Para o café torrado, são usados como descritores: doce, floral, torrado, frutal, nozes, amanteigado, caramelo, herbáceo, terra, suor, café torrado, pão, sulfuroso, químico, fumaça, vinagre e fenólico, entre outros (De Maria et al., 1999; Moreira et al., 2000).

Nem todos os compostos voláteis impressionam o sentido do olfato, pois a sensação ou a qualidade do aroma dependem de diversos fatores, como, por exemplo, os grupamentos químicos presentes na molécula e a concentração em que o composto se apresenta, podendo resultar em diversas respostas sensoriais. A complexidade aumenta nas misturas, onde ocorrem interações sinérgicas ou antagônicas entre os compostos (Flament, 2002)

## **2.6 Constituintes voláteis do café**

O sabor e o aroma presentes na bebida obtida a partir dos grãos de café torrados tornam essa bebida mundialmente apreciada e consumida. A alta aceitabilidade do café deve-se a diversos fatores, sendo o aroma um dos mais importantes. O aroma do café é mais complexo que o sabor, sendo formado por uma mistura de vários compostos voláteis, principalmente hidrofóbicos, presentes em baixas concentrações (partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb)). Devido à importância do aroma para a qualidade e a aceitação da bebida e à complexidade de compostos voláteis presentes no café, o isolamento e a

identificação dos constituintes voláteis vêm sendo realizados desde 1807, quando se estabeleceram os princípios fundamentais sobre o aroma do café. A partir de 1956, a cromatografia gasosa foi introduzida como método de separação e, juntamente com outros equipamentos, como espectrômetro de massas, impulsionou a identificação dos constituintes voláteis. Atualmente, existem muitos trabalhos sobre o aroma do café, que se tornam, a cada ano, mais específicos (De Maria et al., 1999; Moreira et al., 2000; Flament, 2002; Kumazawa & Masuda, 2003ab).

O sabor e o aroma da bebida do café são mais frequentemente estimados utilizando-se análise sensorial. Esse método é menos objetivo que os métodos instrumentais, porém, permite a determinação simultânea de várias características. A correlação entre os atributos sensoriais e as várias centenas de compostos voláteis presentes na amostra são extremamente difíceis, sendo que vários trabalhos são realizados visando diminuir a subjetividade da avaliação do aroma e sabor do café. Embora exista um grande avanço tecnológico, a análise sensorial ainda é hoje o procedimento de escolha para a determinação da qualidade do café torrado; ou seja, os aromas presentes no café torrado são identificados e descritos por provadores qualificados (De Maria et al., 1999; Bassoli, 2006; Zellner et al., 2008).

Como já descrito em diversos trabalhos, a composição química dos grãos de café depende de vários fatores como a espécie e variedade, origem geográfica, condições do solo, armazenamento dos grãos e das condições utilizadas no processo de torração. Outros fatores que também contribuem são os métodos aplicados para a identificação dos compostos e a preparação das amostras (Sanz et al., 2002; González-Rios et al., 2007; Zellner et al., 2008). Nem sempre os compostos voláteis que estão presentes em maior quantidade no café são os que mais contribuem para o aroma. A partir da década de 1980, o interesse passou a ser a determinação do potencial odorífico dos componentes

voláteis para identificar aqueles que seriam de maior impacto para o aroma característico do café. O potencial odorífico de cada composto é expresso como valor limite de detecção odorífica (VLO) e valor de odor ativo (VOA). O valor de odor ativo é a concentração de um odorante dividida pelo limite de detecção no mesmo meio. Quanto mais alto for o VOA de um determinado odorante, maior será seu impacto para o aroma final do produto. Para isso são utilizadas substâncias padrões que são submetidas a diluições sucessivas com o objetivo de se determinar o *threshold* (limiar de detecção: concentração mínima para que ocorra a percepção de algum aroma) (De Maria et al., 1999; Moreira et al., 2000).

A importância sensorial do composto volátil depende da concentração no produto, do limiar de detecção e, também, das interações sinérgicas ou antagônicas com outros componentes voláteis e com outros constituintes não voláteis. As interações entre os componentes voláteis e biopolímeros, como proteínas, componentes fenólicos, carboidratos ou lipídios podem modificar a liberação dos componentes voláteis, podendo ser responsáveis pelo decréscimo na intensidade de percepção de determinados aromas (Munro et al., 2003; Anese et al., 2005; Zellner et al., 2008).

Uma grande quantidade de lipídios, geralmente, promove uma menor volatilidade de compostos hidrofóbicos, como os aldeídos de cadeia longa. As melanoidinas são polímeros especialmente envolvidos nas alterações do aroma, formadas no último estágio da reação de Maillard. Estas estão envolvidas na formação do aroma durante o processo de torração e também nos mecanismos de degradação dos voláteis na bebida, além das suas implicações biológicas e nutricionais. Devido à presença de vários grupos funcionais nas estruturas das melanoidinas, é possível a interação com vários grupos de voláteis. As características sensoriais do café torrado são parcialmente perdidas após o preparo da bebida e a degradação dos voláteis continua durante o

armazenamento da mesma (Holscher et al., 1992; Hofmann et al., 2001; Hofmann et al., 2002; Perez-Martinez et al., 2008).

Os mecanismos que envolvem a degradação de voláteis não estão completamente elucidados. São sugeridos dois mecanismos: a perda de componentes importantes para o aroma, especialmente compostos sulfurados, devido, parcialmente, a interações com componentes não voláteis, como, por exemplo, as melanoidinas, e as reações oxidativas. Os mecanismos que envolvem a retenção e a liberação dos voláteis, assim como os mecanismos de degradação do aroma após o da bebida são importantes para a qualidade sensorial (Holscher et al., 1992; Hofmann et al., 2001; Hofmann et al., 2002; Perez-Martinez et al., 2008).

As espécies de café mais importantes comercialmente são *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre (café conilon), as quais diferem consideravelmente em preço, qualidade, aceitação do consumidor e também no perfil de voláteis. O aroma e o sabor das bebidas preparadas com o café arábica são mais valorizados e têm maior aceitabilidade, quando comparado às do café conilon (Semmelroch & Grosch, 1996; Nebesny & Budryn, 2006). Um café arábica de boa qualidade apresenta aroma e sabor intensos, acidez e amargor balanceados, com notas especiais, como, por exemplo, achocolatadas e amendoadas. O café conilon é mais amargo, com notas amadeiradas e terrosas, que lembram alguns cereais (Illy & Viani, 1998). Comercialmente, utilizam-se ligas das duas espécies em diferentes proporções, fazendo com que o perfil de voláteis da bebida seja variável. (Semmelroch & Grosch, 1996; Nebesny & Budryn, 2006).

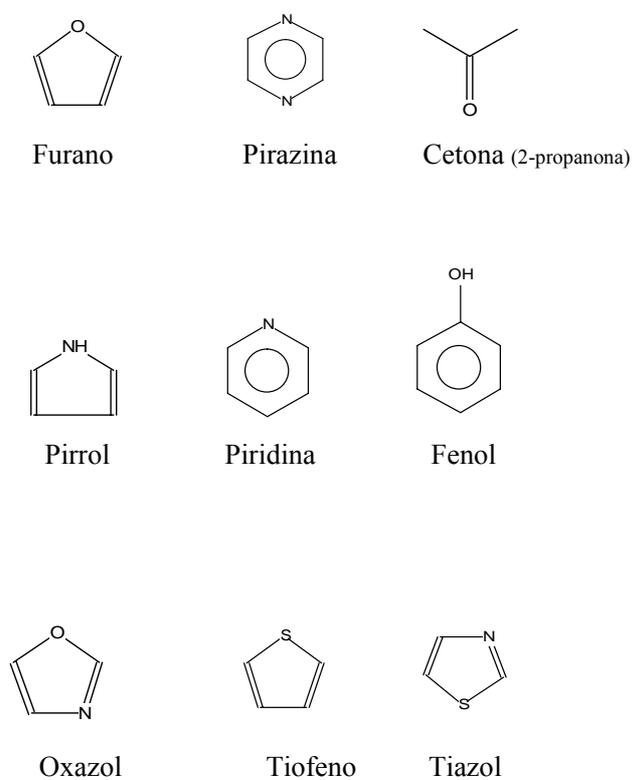
Os compostos voláteis importantes para a bebida são formados durante a torração dos grãos crus a partir de diversas reações. O grão cru possui vários compostos necessários para a formação do aroma. Durante o processo de torração ocorre alteração da cor dos grãos de verde para marrom e aumento do

tamanho dos mesmos. Ocorrem também diversas reações a partir dos compostos presentes no grão cru, como proteínas, sacarose, ácidos clorogênicos, trigonelina e lipídios, formando compostos voláteis e não voláteis que são responsáveis pela qualidade da bebida (Feldman et al., 1969). Os compostos voláteis são formados principalmente pelas reações de Maillard, que envolvem a reação, sob aquecimento, do grupamento amino de um aminoácido, peptídeo ou proteína com a carbonila de um açúcar redutor. Outras reações também se destacam durante o processo de torração, como a degradação de Strecker, a degradação da trigonelina, a degradação de ácidos fenólicos, a degradação de lipídios, a degradação de açúcares, a degradação de aminoácidos sulfurados, a degradação de aminoácidos hidroxilados e a degradação de prolina e hidroxiprolina (Clarke & Macrae, 1985; Toci et al., 2006; Hoessou et al., 2007).

A formação dos compostos voláteis no café torrado é significativamente influenciada pelas condições do processo de torração, principalmente pelo tempo e temperatura (Baggenston et al., 2008). As metoxi-pirazinas presentes nos grãos crus conferem aos mesmos um aroma característico. No entanto, durante o processo de torração, as metoxi-pirazinas são degradadas (Clarke & Macrae, 1985; Toci et al., 2006). O perfil de aromas do café cru é, certamente, menos complexo, quando comparado ao torrado, no qual existem, aproximadamente, mil compostos identificados em várias concentrações, o que coloca o café entre os produtos de maior complexidade da fração volátil (Zellner et al., 2008). Os furanos são os compostos voláteis predominantes no café torrado, seguidos pelas pirazinas, cetonas, pirróis, fenóis e hidrocarbonetos. A torração amplia as concentrações dos compostos identificados nos grãos crus e favorece a formação de novos compostos. Os tiofenos, oxazóis e tiazóis foram identificados somente nos cafés torrados. Os compostos voláteis presentes nos grãos crus que apresentam um aumento significativo quando submetidos à torração são cetonas,

ácidos, fenóis, furanos, compostos contendo enxofre e as pirazinas (Flament, 2002).

As estruturas químicas de alguns grupos de compostos voláteis do aroma do café torrado encontram-se na Figura 1.



**FIGURA 1** Estruturas químicas de alguns constituintes voláteis do café torrado.

Os furanos são compostos encontrados em grande quantidade no café torrado e incluem funções como aldeídos, cetonas, ésteres, álcoois, éteres e tióis (Flament, 2002). São formados, principalmente, a partir da degradação de

glicídios presentes no café. No entanto, existem evidências de que os furanos podem ser formados pela degradação de terpenos. Devido aos baixos valores encontrados no café, os terpenos devem participar de forma inexpressiva como precursores dos furanos. Outra via de formação dos furanos seria a partir de polissacarídeos. Os furanos contribuem consideravelmente para as características sensoriais do café. Alguns furanos são descritos como de impacto para o aroma do café, como o 2-tio-hidroximetil-furano, caveofurano e os alquilfuranos. O aroma produzido por esses compostos poderá apresentar um aspecto positivo ou negativo na avaliação sensorial do café, dependendo da concentração dos mesmos no café torrado (De Maria et al., 1999; Flament, 2002).

As pirazinas são compostos característicos de alimentos submetidos a tratamento térmico, com exceção das metoxi-pirazinas que são, geralmente, encontradas nos vegetais não-processados, sendo degradadas durante a torração. As metoxi-pirazinas são odorantes potentes e estão amplamente distribuídas pelo reino vegetal, sendo responsáveis pelo odor de grama, de café cru, de ervilha, de batata e de outros vegetais crus (De Maria et al., 1999). As pirazinas podem ser geradas diretamente pela reação de Maillard, degradação de Strecker ou pirólise de hidróxi-aminoácidos (Flament, 2002). As pirazinas contribuem apreciavelmente para as características sensoriais dos alimentos. Esses componentes apresentam propriedades sensoriais peculiares, sendo considerados flavorizantes importantes para a indústria de alimentos. A isobutil-metoxi-pirazina possui alto valor de odor ativo (VOA) e está presente no café arábica torrado, em concentração sete vezes superior ao café robusta. Embora as metoxi-pirazinas sejam degradadas durante o processo de torração, essa metoxi-pirazina é um composto de impacto para o aroma do café torrado e moído (Semmelroch & Grosh, 1996).

As cetonas constituem importante fração dos constituintes voláteis do café. As cetonas de menor massa molecular são abundantes e, assim como os aldeídos, diminuem durante a estocagem do café torrado. A perda das cetonas deve estar relacionada à sua volatilização, uma vez que a oxidação desses compostos é bem mais difícil que a de aldeídos. Por não possuírem átomos de hidrogênio ligados ao oxigênio, esses compostos não são capazes de estabelecer ligações hidrogênio intermoleculares. Sendo assim, apresentam ponto de ebulição mais baixo que o de respectivos álcoois e ácidos carboxílicos. Algumas cetonas, como as cetonas cíclicas, podem ser provenientes da pirólise de carboidratos (Clarke & Macrae, 1985).

A autooxidação de lipídios, particularmente de ácidos graxos insaturados, também está relacionada à produção de cetonas, como, por exemplo, a 2,3-butanodiona e a hidroxiacetona. Essas cetonas podem participar posteriormente de reações que levam à formação de pirazinas ou de aldeídos de Strecker (Clarke & Macrae, 1985). A 2,3-butanodiona também é considerada um produto secundário da reação de Maillard. A  $\beta$ -damascenona é um produto característico da quebra de carotenóides, os quais podem ser encontrados na película de revestimento mais intimamente ligada ao grão de café cru. Essa película pode ser pigmentada com carotenóides e com clorofila (Flament, 2002). As cetonas apresentam características sensoriais diferentes: a butanodiona e a penta-2,3-diona possuem aroma semelhante ao de manteiga, as cetonas cíclicas possuem aroma de açúcar queimado, enquanto a  $\beta$ -damascenona apresenta aroma de chá e frutas (Moreira et al., 2000).

Os pirróis são compostos característicos de alimentos processados termicamente e podem ser formados a partir da reação de Maillard, da degradação de Strecker, da pirólise de aminoácidos ou da degradação de trigonelina. Podem ser formados também por reações secundárias entre a trigonelina e outros constituintes, particularmente com os glicídios que estão

presentes em grandes quantidades no café. Os alquil e acil-pirróis apresentam odor desagradável, porém, os alquil-pirróis em baixas concentrações fornecem aroma doce e levemente queimado (De Maria et al., 1999; Flament, 2002).

Os fenóis têm importante contribuição para o aroma do café. São frequentemente associados a características negativas, como fumaça, madeira, tempero, couro ou medicamento. Entretanto, em baixas concentrações, são descritos como doce, floral, baunilha, especiarias e cravo (Flament, 2002). A variedade e a concentração dos compostos fenólicos voláteis no café torrado variam de acordo com o grau de torração e maiores quantidades, tanto com relação à variedade quanto à concentração, são detectadas em cafés submetidos à torração forte (Moreira et al., 2000).

Os polifenóis foram os primeiros aromáticos identificados em alimentos. O fenol é encontrado com frequência na fração volátil do café torrado, juntamente com metil-fenóis (ou cresóis). O 2 metóxi-fenol (guaiacol) e seus derivados também foram descritos por vários autores. Os fenóis encontrados em maior quantidade no café torrado são: o 4-vinil-guaiacol (8-20 mg/kg de café torrado), o guaiacol (2-3 mg/kg) e o fenol (1,2-2,2 mg/kg). Além desses componentes, os isômeros do cresol (o, m, p) também fazem parte do grupo de fenóis majoritários do café torrado (Moreira et al., 2000). O 4-vinil-guaiacol e o guaiacol apresentam, sensorialmente, aromas de fenólicos, especiarias e fumaça e são componentes importantes do aroma do café (Dorfner et al., 2003). Alguns estudos demonstraram a possibilidade de alguns fenóis serem formados pela degradação da sacarose. Entretanto, a principal via de formação dos compostos fenólicos voláteis parece ser a degradação dos ácidos fenólicos livres (ácido p-cumárico, ferúlico, caféico, quínico) durante a torração do café. O conteúdo desses compostos fenólicos livres é pequeno no café cru, aumentando, porém, durante a torração. Esse aumento está relacionado à degradação dos ácidos clorogênicos (Moreira et al., 2000).

Os hidrocarbonetos são encontrados em grande quantidade no café torrado. É provável que certos hidrocarbonetos sejam derivados da oxidação de lipídios do grão cru, desenvolvida durante a estocagem e o transporte anteriores à torração. A formação de alguns hidrocarbonetos aromáticos, como o etilbenzeno e o estireno (vinil-benzeno), pode estar relacionada à degradação da fenilalanina ou à reação de seu aldeído de Strecker com os produtos de degradação do açúcar. Aparentemente, apesar de estar presente em grande número na fração volátil do café torrado, nenhum composto deste grupo é considerado de impacto para o aroma final do produto (Moreira et al., 2000; Flament, 2002).

Os ácidos voláteis presentes no café diminuem à medida que o tempo de torração aumenta, devido à volatilização dos mesmos. No caso dos ácidos não voláteis, a redução durante o processo de torração deve-se à decomposição térmica. Durante o armazenamento do café torrado ocorre um aumento da acidez, caracterizado por valores de pH menores e aumento da acidez titulável da bebida. O aumento da acidez pode estar relacionado ao armazenamento prolongado do café cru, porém, nesse caso, pode estar relacionado à degradação enzimática de lipídios que libera ácidos graxos livres.

Existem várias vias de formação dos ácidos carboxílicos, como a degradação de lipídios, a degradação térmica de ésteres e a auto-oxidação de aldeídos e cetonas. Os ácidos voláteis comumente presentes no café têm odores bem característicos. O ácido 2-metilbutírico é associado a um odor de queijo, manteiga, creme e chocolate; os ácidos acético e fórmico possuem um odor irritante, sendo o ácido acético associado ao odor de vinagre. O ácido isovalérico (ácido 2-metil-butanóico) apresenta um odor semelhante ao chulé. Os ácidos carboxílicos não são considerados compostos de impacto para o aroma final do café. Os anidridos são formados durante a torração a partir de ácidos

carboxílicos ou derivados que perdem uma molécula de água e, a seguir, sofrem ciclização (Moreira et al., 2000; Flament, 2002).

Os aldeídos são encontrados em grande quantidade no café torrado fresco, sendo perdidos em quantidades elevadas durante a estocagem. Essa perda está relacionada à volatilização e a reações de oxidação. O átomo de hidrogênio ligado diretamente à carbonila faz com que os aldeídos sejam mais suscetíveis à oxidação e mais reativos em relação a adições nucleofílicas do que as cetonas, que são outro grupo de compostos carbonílicos importantes para o café (Morrison et al., 1992; Varman & Sutherland, 1997). A auto-oxidação de lipídios resulta na formação de aldeídos voláteis. A ocorrência desses compostos voláteis no café cru e torrado é esperada, considerando que os lipídios representam, aproximadamente, 13% no café cru e o ácido linoléico representa mais da metade do conteúdo de ácidos graxos (Clarke & Macrae, 1985). Alguns aldeídos têm sua origem relacionada à reação de Maillard ou degradação de Strecker (Flament, 2002). As características sensoriais dos aldeídos dependem também da sua massa molecular; aldeídos de cadeia curta, geralmente, apresentam aromas acres e pungentes, sendo indesejáveis em altas concentrações, enquanto os aldeídos de cadeia longa apresentam aromas agradáveis de flores e frutas (Moreira et al., 2000).

Os ésteres são encontrados em grande quantidade na fração volátil do café torrado, sendo o formato de metila, o acetato de metila e o acetato de etila os que mais se destacam. A maioria dos ésteres é produzida no fruto antes do processo de torração, sofrendo pirólise durante sua realização. No entanto, alguns ésteres são formados durante a torração, sendo formados a partir da reação de esterificação entre um ácido e um álcool presentes no café. Essa reação é favorecida em temperaturas acima de 70°C, condição facilmente obtida no processo de torração. As lactonas estão presentes na fração volátil do café torrado em número reduzido. Na literatura, são poucas as informações com

relação à origem e às propriedades sensoriais das aminas voláteis. A dimetilamina é uma das aminas majoritárias presentes na fração volátil do café torrado (Moreira et al., 2000; Flament, 2002).

Dentre os álcoois, os citados com maior frequência são o metanol e o etanol. Os álcoois presentes no café torrado são alguns dos produtos secundários da degradação oxidativa de lipídios. A síntese também pode ocorrer por meio da quebra de carotenóides durante a torração. O linalol e o 3-mercaptop-3-metilbutanol são considerados potentes odorantes do café torrado (Moreira et al., 2000; Flament, 2002).

Os compostos sulfurados apresentam aromas potentes e característicos, tendendo, assim, a dominar o aroma final do produto no qual estão presentes. No entanto, esses compostos estão presentes em baixíssimas quantidades no café torrado, dificultando seu estudo quantitativo e a avaliação de suas propriedades sensoriais. Para a identificação e a quantificação dos compostos voláteis contendo enxofre, são necessários métodos analíticos altamente sensíveis (Tressl & Silwar et al. 1981; De Maria et al., 1999; Flament, 2002; Jiemin et al., 2004).

Vários compostos contendo enxofre já foram identificados no café, como, por exemplo, mercaptano, sulfetos, dissulfetos tiofenos e tiazóis. Os tiofenos estão presentes, principalmente, em alimentos submetidos a tratamento térmico, fazendo com que as reações termicamente induzidas sejam um pré-requisito para a ocorrência desses compostos em alimentos (Tressl & Silwar et al., 1981; De Maria et al., 1999; Flament, 2002; Jiemin et al., 2004). A origem dos tiofenos está relacionada à degradação de aminoácidos sulfurados (cistina, cisteína e metionina) e eles interagem com açúcares redutores ou intermediários da reação de Maillard, resultando na formação de vários compostos sulfurados (Clarke & Macrae, 1985). Os tiazóis são compostos heterocíclicos contendo um átomo de nitrogênio e outro de enxofre. Também são formados via reação de Maillard, a partir de aminoácidos sulfurados (De Maria et al., 1999).

Os tiazóis apresentam odor semelhante ao de vegetais, de carne, matéria torrada e de nozes. A presença de substituintes de cadeias laterais na molécula do tiazol intensifica esses aromas. Até o momento, nenhum tiazol foi considerado de impacto para o aroma do café (De Maria et al., 1999). A degradação de compostos sulfurados importantes para o aroma contribui para as alterações que ocorrem no aroma no preparo da bebida e durante o armazenamento da mesma. Alguns compostos, como 2-furfuriltiol, metional e 3-mercapto-3-metilbutilformato, sofrem modificações pela oxidação, degradação térmica e ou hidrólise. O pH da bebida pode afetar a estabilidade do 2-furfuriltiol e do 3-mercapto-3-metilbutilformato (Kumazawa & Masuda, 2003 a,b). Alguns trabalhos indicaram a possibilidade de as melanoidinas presentes na bebida do café estarem envolvidas na degradação do 3-mercapto-3-metilbutilformato (Hofman et al., 2001; Hofman et al., 2002).

As piridinas são compostos encontrados em alimentos submetidos à atividade microbiana ou a tratamento térmico. As piridinas podem ser formadas a partir da degradação térmica da trigonelina, da pirólise de aminoácidos, da degradação de Strecker ou na reação de Maillard (Flament, 2002). As piridinas apresentam propriedades sensoriais peculiares, sendo associadas a um odor desagradável, característico dos alimentos. De acordo com a literatura, a piridina é uma das responsáveis pelo odor desagradável do café velho torrado (Sivetz, 1979). A 2-metilpiridina é responsável por uma sensação adstringente semelhante à de avelã e a 2,3-dimetil-piridina, a um odor semelhante ao de borracha e madeira queimada. As piridinas encontradas no aroma do café têm recebido pouca atenção dos pesquisadores, existindo, portanto, poucas informações disponíveis a respeito da contribuição das piridinas para o aroma final do café torrado (De Maria et al., 1999).

Os oxazóis são compostos heterocíclicos contendo um átomo de nitrogênio e outro de oxigênio. Os oxazóis são formados exclusivamente por

tratamento térmico, no entanto o mecanismo exato de formação desses compostos ainda não é bem conhecido (Hwang et al., 1995). Os oxazóis possuem aroma doce, semelhante ao de nozes (Clarke & Macrae, 1985). Segundo De Maria et al. (1999), nenhum oxazol foi considerado como de impacto para o café.

Geralmente, é difícil estabelecer uma correlação entre a análise instrumental e a percepção sensorial, uma vez que não há relação entre os mecanismos de detectores cromatográficos e a interação dos compostos voláteis com os receptores olfativos. A complexidade do sistema olfatório humano, que ainda não está completamente elucidada, contribui para aumentar a dificuldade desta correlação. Embora a cromatografia gasosa acoplada à olfatométrica tenha proporcionado avanços nesta área, correlacionar estruturas químicas com sensações olfativas ainda é muito complexo, sendo tema de pesquisa de muitos trabalhos (Bassoli, 2007; Zelnner et al., 2008)

Na Tabela 2 estão apresentados alguns compostos voláteis encontrados no aroma do café torrado, descritos na literatura e suas respectivas descrições olfativas.

**TABELA 2** Alguns compostos voláteis encontrados no aroma do café torrado e suas respectivas descrições olfativas.

<b>Composto</b>	<b>Concentração</b>	<b>Descrição do aroma</b>
2-tio-hidroximetil-furano	0,01-0,5µg/L (água)	café torrado fresco
	1-10 µg/L (água)	café torrado velho
5-metil-2-tio-hidroximetil-furano	> 5000 ng/L (água)	enxofre
furanona	-	açúcar queimado caramelo
fúril-pirrol	-	caramelo
guaiacol	-	especiarias, terra
caveofurano	10-100 µg/L (água)	aroma café torrado
furfural	-	grama
2-furfúril-tiol	-	torrado
2-nonenal	-	manteiga óleo
β-damascenona	-	doce, frutas
2-etil-3,5-dimetil-pirazina	-	torrado, nozes
propanona	-	frutas
2,3 butanodiona	-	manteiga
4-vinil-guaiacol	-	fenólico, especiarias
guaiacol	-	fenólico, especiarias
2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	-	caramelo
1-(2-furánil)-1-propanona	-	frutas, doce, caramelo
3-metil-2-acetil-tiofeno	-	café
2-etil-pirazina	-	manteiga, torrado
furfúrilformato	-	notas florais
dissulfeto de metila	-	desagradável
2-fúril-metanol	-	avelã, amendoas
3-hidroxi-2-butanona	-	frutal, doce

Fonte: De Maria et al., 1999; Moreira et al., 2000; Bassoli, 2006; Flament, 2002; Zellner et al.(2008)

## **2.7 Extração de compostos voláteis**

A extração de compostos voláteis do café pode ser realizada utilizando-se solventes orgânicos, sistemas de coleta (trap systems), fibras adsorventes e extrações conhecidas como técnica de *headspace*, em conjunto ou de forma individual. A técnica de extração por *headspace* envolve a amostragem da fração de vapor (mistura de gases) presente sobre a matriz alimentícia (em equilíbrio com a mesma) em um sistema fechado, podendo esta fração de vapor ser coletada diretamente (injeção direta com seringa “gas tight”) ou com o auxílio de fibras adsorventes que concentram os compostos presentes no *headspace* (Sanz et al., 2001; Sanz et al., 2002).

A técnica em que se utilizam fibras adsorventes, conhecida como *solid phase microextraction* (SPME), é uma opção simples e eficaz empregada no campo da análise instrumental, especialmente na cromatografia gasosa, para a análise de compostos voláteis. O uso intensivo desta técnica de isolamento se justifica, uma vez que nela não se utilizam solventes e apresenta alto poder de concentração, compatível com as sensibilidades dos detectores de cromatografia gasosa. Além disso, é aplicável a muitos tipos de analitos, demanda quantidades pequenas de amostras, além da facilidade de transporte do material extraído para o cromatógrafo (Valente & Augusto, 2000).

## **2.8 Cromatografia gasosa/ espectrometria de massas**

A cromatografia a gás é uma técnica de separação de compostos voláteis que utiliza como fase móvel um gás inerte (hidrogênio, hélio, nitrogênio) e como fase estacionária um líquido (com ponto de ebulição elevado) ligado a um suporte sólido inerte. A amostra é volatilizada no injetor e os compostos analisados são distribuídos entre as duas fases ao longo da coluna cromatográfica por meio dos mecanismos de separação, partição e adsorção. A afinidade que tais compostos apresentarem com ambas as fases irá determinar

seu tempo de retenção. Compostos com pouca afinidade com a fase estacionária eluem mais rapidamente. Ao final da coluna estão localizados o sistema de detecção e o registrador (computador) (Araújo, 1995).

O espectrômetro de massas é um equipamento que mede a relação massa/carga ( $m/z$ ) de íons em fase gasosa. Os espectrômetros de massas separam os íons em um ambiente de baixa pressão pela atuação de campos elétricos ou magnéticos nas partículas carregadas (Kitson et al., 1996). A forma de ionização mais utilizada é por impacto de elétrons, na qual ocorre fragmentação das moléculas analisadas. A amostra vaporizada é introduzida no ambiente de ionização na sua parte central e, por difusão, entra no caminho do feixe de elétrons. O bombardeamento das moléculas pelos elétrons produz íons moleculares e fragmentos ionizados (Scott, 2002).

## **2.9 Tratamento estatístico de dados sensoriais e químicos**

A aplicação da estatística às áreas sensorial e química é objeto de estudo da sensometria e da quimiometria, respectivamente (Ferreira & Oliveira, 2007; Vandeginst et al., 1998). Dentre as inúmeras ferramentas estatísticas usadas para analisar esses dados de características tão particulares, destacam-se a análise de variância univariada e a análise de componentes principais.

A análise de variância univariada (ANAVA) tem o objetivo de, num experimento, comparar a variância existente entre tratamentos com a variância que ocorre ao acaso, por meio de um modelo linear (Mead & Curnow, 1983). Esse modelo linear contém os efeitos considerados importantes no planejamento e na montagem do experimento e as variáveis respostas, nesse contexto, são analisadas uma a uma.

A análise de componentes principais é uma técnica multivariada de modelagem da estrutura de covariância (Ferreira, 2008). Essa análise estatística cria  $p$  variáveis latentes ( $Y$ ) como combinações lineares das  $p$  variáveis

originalmente estudadas ( $X$ ), de tal sorte que novos eixos ortogonais sejam criados para expressar a maior parte da variação existente em poucas dimensões (no plano, por exemplo). Nesta análise, a informação, ou variação, contida nos dados (variáveis) originais será condensada em um número menor de dados, com perda mínima de informação, denominados de componentes principais (Ferreira, 2008).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Disponível em: <http://www.abic.com.br>. Acesso em: out. 2008.

ALVES, M. **Traditional cup tasting versus scientific methods**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DO CAFÉ, 1., 2003, Campinas, **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2003.

ANESE, M.; MANZOCCO, L.; MALTINI, E. Effect of coffee physical structure on volatile release. **European Food Research Technology**, New York, v.221, n.3-4, p.434-438, Aug. 2005.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 1995.

BASSOLI, D.G. **Impacto aromático dos componentes voláteis do café solúvel: uma abordagem analítica e sensorial**. 2006. 237p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003**. Regulamento técnico de identidade de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Disponível em: <http://www.ministério.gov.br>. Acesso em: out. 2008.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais**. Disponível em: <http://www.bsca.com.br>. Acesso em: out. 2008.

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

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, S.M. **Colheita e preparo do café**. 2000.36p. Especialização (Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade) – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO CAFÉ. **Café de qualidade**. Disponível em: <http://www.cicbr.org.br>. Acesso em: out. 2008.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. New York: Elsevier, 1985. v.1, 320p.

CLIFFORD, M.D. The composition of green and roasted coffee beans. Part 1. **Process Biochemistry**, London, v.10, n.2, p.20-29, Mar. 1975.

CLIFFORD, M.N. Chlorogenic acids and other cinnamates: nature, occurrence, and dietary burden. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.79, n. 3, p.362-372, 1999.

DEISINGH, A.K., STONE, D.C., THOMPSON, M. Applications of electronic noses and tongues in food analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.39, n.6, p.587-604, June 2004.

DELLA LUCIA, S. M.; MININ, V.P.R.M.; CARNEIRO, J.D.S. Análise sensorial de alimentos. In: MININ, V.P.R. (Ed.) **Análise sensorial. Estudos com consumidores**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 225p.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.2, p.209-217, mar./abr. 1999

DORFNER, R.; FERGE, T.; KETTRUP, A.; ZIMMERMANN, R. YERETZIAN. Real-time Monitoring of 4-vinylguaiacol, guaiacol, and phenol during coffee roasting by resonant laser ionization time-of-flight mass spectrometry. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.51, n.19, p.5768-5773, Sept. 2003.

DYMINSKI, D.S.; TAKEDA, H.H.; MATTOSO, L.H.C.; CANDIDO, L.M.B. Revisão: Aplicações e funcionamento das línguas eletrônica brasileira. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n.4, p.312-320, Oct./Dec. 2005.

FELDMAN, J.R.; RYDER, W.S; KUNG, T. Importance of Nonvolatile Compounds to the Flavor of Coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.17, n.4, p. 733, 1969.

FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada**. Lavras: UFLA, 2008. 661p.

FERREIRA, E.B.; OLIVEIRA, M.S. **Sensometria: uma abordagem com ênfase em Procrustes**. Santa Maria: UFSM, 2007. 71p.

FLAMENT, I. Coffee flavor chemistry. Chichester: J. Wiley, 2002. 424p.  
FRANCO, M.R.B.; JANZANTTI, N.S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M.R.B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. Campinas: Livraria Varela, 2003. p.17-27.

GONZALÉZ-RIOS, O.; SUAREZ-QUIROZ, M.L.; BOULANGER, R.; BAREL, M.; GUYTON, B.; GUIRAUD, J.; SCHORR-GALLINDO, S. Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. **Journal of food composition and analysis**, San Diego, v.20, n.3, p.297-307, May 2007.

HOFMANN, T.; CZERNY, M.; CALLIGARIS, S.; SCHIEBERLE, P. Model studies on the influence of coffee melanoidins on flavor volatiles of coffee beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.49, n.5, p.2382-2386, May 2001.

HOFMANN, T.; SCHIEBERLE Chemical interations between thiols and melanoidins involved in the aroma staling of coffee beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, n.2, p.319-326, Jan. 2002.

HOLSCHER, W.; STEINHART, H. Investigation of roasted coffee freshness with as improved headspace technique. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung and Forchung**, New York, v.195, n.1, p.33-38, July 1992.

HWANG, H.; HARTMAN, T.G.; HO, C-T. Relative reactivites of amino acids in the formation of pyridines, pyrroles and oxazoles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.43, n.11, p.2917-2921, Nov. 1995.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee The chemical of quality**. 3<sup>rd</sup> ed. London: Academic, 1998. 253p.

JIEMIN, L.; NING, L.; MEIJUAN, W.; GUIBIN, J. Determination of volatile sulfur compounds in beverage and coffee samples by purge-and-trap on-line coupling with a gas chromatography-flame photometric detector. **Microchimica Acta**, Ottawa, v.148, n.1, p. 43-47, 2008.

KANT, R. Sweet proteins: Potential replacement for artificial low calorie sweeteners. **Nutrition Journal**, New York, v.4, n.5, p.1-6, 2005.

KITSON, F.G.; LARSEN, B.S.; NCEWEN, C.N. **Gas chromatography and mass spectrometry: a practical guide**. New York: Academic, 1996.

KUMAZAWA, K.; MASUDA, H. Investigation of the change in flavor of coffee drink during heat processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.9, p.2674-2678, Apr. 2003a.

KUMAZAWA, K.; MASUDA, H. Effect of pH on the thermal stability of potent roasty odorants, 3-mercapto-3-methylbutyl esters, in coffee drink. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.,29, p.8032-8035, Dec. 2003b.

LAGO, R.C.A. Lipídios em grãos. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v.19, n.2, p.319-340, 2001.

LEHOTAY, S.; HAJŠLOVA, J. Application of gas chromatography in food analysis. **Trends in Analytical Chemistry**, London, v.21, n.9-10, p.686-697, Sept./Oct. 2002.

LEME, P.H.M.V. **Os pilares da qualidade: o processo de implementação do programa de qualidade do café (PQC) no mercado de café torrado e moído do Brasil**. 2007.110p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras < Lavras.

MATTOSO, L.H.C. **Desenvolvimento de sensores poliméricos para aplicações na agroindústria e meio ambiente**. Brasília: EMBRAPA, 2001, 33p.

MEAD, R.; CURNOW, R.N. **Statistical methods in agriculture and experimental biology**. London: Chapman and hall, 1983. 335p.

MELO, W.L.B. **A importância da informação sobre o grau de torra do café e suas características organolépticas da bebida**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 4p. (Comunicado Técnico).

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.195-203, maio/jun. 2000.

MORRISON, R.T.; BOYD, R.N. **Organic Chemistry**. New Jersey: Prentice Hall International, 1992. 657 p.

MOURA, S. C.S.R.; GERMER, S.P.M.; ANJOS, V.D.A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L.H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C.J.F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of food technology**, Campinas, v.10, n.1, p.17-25, 2007.

MUNRO, L. J.; CURIONI, A.; ANDREONI, W.; YERETZIAN, C.; WATZKE, H. The elusiveness of Coffee Aroma: New insights from a non-empirical approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 10, p.3092-3096, May 2003.

NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. **European Food Research and Technology**, New York, v.224, n.2, p.159-165, Dec. 2006.

OLIVEIRA, R.C.S.O. **Detecção de adulteração de café torrado e moído com cevada pelo perfil cromatográfico de voláteis**. 2007. 196p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PEREIRA, R.G.F.A. **Tecnologia e qualidade de café, raízes e tubérculos**. 2003. 54p. Especialização (Pós-graduação “Lato Sensu” à distância: Tecnologia e Qualidade de Alimentos Vegetais) – Fundação de apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PEREZ-MARTINEZ, M.; SOPELANA, P.; DE PENA, M.P.; CID, C. Changes in volatile compounds and overall aroma profile during storage of coffee brews at 4°C and 25°C. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.53, n.9, p.3145-3154, May 2008.

RIUL JÚNIOR, A. A ciência imitando o corpo humano. **Physicae**, Campinas, v.3, n.3, p.37-43, 2002.

SAES, A. M. Do vinho ao café: aspectos sobre a política de diferenciação. **Informações econômicas**, Piracicaba, v.36, n.2, p.7-19, fev. 2006.

SAES, M.S.M.; SOUZA, M.C.M.; SPERS, E.E. **Diagnóstico sobre o sistema agroindustrial de cafés especiais e qualidade superior do estado de Minas Gerais**. São Paulo: SEBRAE, 2001. p.68-69.

SALVA, T.J.G; LIMA, V. B. Composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v.59, n.1, p.57-59, 2007

SANZ, C.; MAEZTU, L; ZAPELENA, M.J.; BELLO, J.; CID, C. Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends coffee: influence of different proportions of arabica and robusta and influence of roasting coffee with sugar. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.82, n.8, p.840-847, June 2002.

SCHENKER, S.; HANDSCHIN, S.; FREY, B.; PERREN, R.; ESCHER, F. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.3, p.452-557, May/June 2000.

SCOTT, R.P.W. **Gas chromatography-mass spectrometry systems**. In: ENCICLOPEDIA OF CHROMATOGRAPHY. New York: Marcel Dekker.2002.496p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Café gourmet e orgânico: relatório completo**. 2008. 184p.

SEMMELOCH, P.; GROSCH, W. Studies on character Impact odorants of coffee brews. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.44, n. 8, p.537-543, Aug.1996.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee technology**. Wettsport: Avi, 1979. 716 p.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Disponível em: <<http://www.scaa.org>>. Acesso em: out. 2008.

SPEER, K.; KOLLING-SPEER, I The lipid fraction on the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.2, p.319-340, Apr./June 2006.

STEPHAN, A.; BUCKING, M.; STEINHART, H. Novel analytical tools for food flavours. **Food Research International**, Amsterdam, v.33, n.3-4, p.199-209, 2000.

TOCI, A.; FARAH, A., TRUGO, L.C. Effect of decaffeination using dichloromethane on the chemical composition of arabica and robusta raw and roasted coffees. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.5, p.965-971, Sept./Oct. 2006.

TRUGO, L.C.; MACRAE, R. A study of effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, Oxford, v.15, n.3, p.219-227, 1984.

TRESSL, R.; SILWAR, R. Investigation of Sulfur-Containing Components in Roasted Coffee. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.29, n.5, p.1078-1082, 1981.

UEJO NETO, E. Sutilezas do ton-sur-ton da torra do café. **Jornal do café**, São Paulo, n.162, p.58-59, mar./abr. 2008.

VALENTE A.; AUGUSTO, F. Microextração por fase sólida, **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.4, p. 523-530, jul./ago. 2000.

VANDEGINST, B.G.M.; MASSART, D.L.; BUYDENS, L.M.C.; DE JONG, S.; LEWI, P.J.; SMEYERS-VERBEKE, J. **Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part B**. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. 732p.

VARMAN, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Bebidas: tecnologia, química e microbiologia**. Zaragoza: Acribia, 1997. 259p.

VIANI, R.; HORMAN, I. Thermal behavior of trigoneline. **Journal Food Science**, Chicago, v.39, n.6, p.1216-1217, Nov./Dec. 1974.

ZELLNER, B. A.; DUGO, P.; DUGO, G., MONDELO, L. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v.1186, n.1-2, p.123-143, Apr. 2008

## **CAPÍTULO 2**

### **ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS**

## RESUMO

RODARTE, Mirian Pereira. Análise sensorial de cafés especiais. In: **\_\_\_Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. Cap.2, p.49-70 -Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras<sup>1</sup>.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar sensorialmente amostras de cafés especiais do estado de Minas Gerais, diferenciando os atributos presentes em cada uma das amostras. Foram utilizadas amostras de café (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado e natural, da safra 2007 do estado de Minas Gerais. As análises foram realizadas no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras. Os grãos foram torrados no ponto de torração médio, segundo o protocolo para cafés especiais. A metodologia utilizada foi a do CoE (*Cup of Excellence*) de 1997, na qual cada atributo recebeu nota de acordo com a intensidade. As amostras receberam notas de 0 a 8 para cada atributo sensorial, em uma escala de pontos. Os provadores registraram também os descritores sensoriais identificados em cada amostra. Os atributos que mais contribuíram para a diferenciação na nota final das amostras analisadas foram doçura, acidez, gosto remanescente e balanço. As amostras a, b e c destacaram-se entre as demais. A acidez foi o atributo que mais caracterizou a amostra a, tendo sido esta a que apresentou a maior variedade de descritores sensoriais relatados. Na amostra b destacaram-se, principalmente, os atributos doçura e sabor e, na c, a nota geral. O descritor sensorial cítrico foi relatado na maioria das amostras. As amostras foram caracterizadas, principalmente, como cítricas, doces e florais.

**Palavras-chave:** café, sensorial, cafés especiais, qualidade

---

<sup>1</sup> Comitê de Orientação: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-orientadores)

## ABSTRACT

RODARTE, Mirian Pereira. Sensory analysis of special coffees. In: \_\_\_\_\_ **Sensory and chemical analysis and volatile constituents profile of the special coffees**. 2008. Cap. 2, p.49-70- Thesis (Doctorate in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras\*.

The present work was carried out to assess special coffees samples from Minas Gerais state through sensory analysis, thus distinguishing the attributes in each sample. Samples of coffee (*Coffea arabica* L.) type 2 to better peeled cherry and natural pre-process from the season 2007 in Minas Gerais state. The analysis was carried out at the Coffee Quality Technology Center at Federal University of Lavras (UFLA). The coffee grains were roasted in the medium roasting degree, according to the protocol for especial coffee. The CoE (*Cup of Excellence*) 1997 methodology was used in this experiment. Each attribute obtained a score according to the intensity. The samples scores from 0 to 8 for each sensory attribute on a scale. The assessors also recorded the sensory descriptors identified in each sample. The attributes which contribute the most in distinguishing the final score of the analyzed samples were sweetness, acidity, remaining taste and balance. The samples a, b, and c were remarkable. The acidity is the attribute which characterized most the sample a that showed the highest variety of reported sensory descriptors. Sweetness and savor attributes were characterized mainly in the sample b, and the sample c the general score. The critical sensory descriptor was reported in the most of samples. The samples were characterized mainly as citric, sweet and floral.

**Key-words:** coffee, sensory, special coffee, quality.

---

\* Guidance Committee: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Adviser); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-advisers).

## 1 INTRODUÇÃO

A busca de produtos diferenciados e de melhor qualidade impulsionou o mercado dos cafés especiais. Estes cafés deixaram de ser produzidos em pequenas quantidades e de serem direcionados apenas para o mercado externo.

A qualidade dos cafés especiais é definida pela análise sensorial, que permite a melhor compreensão dos atributos da bebida. Para garantir a estabilidade do mercado desses cafés, é necessário conhecer as características do produto que nele é colocado (Pereira, 2003; Leme, 2007; Salva & Lima, 2007; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas-SEBRAE, 2008).

Os melhores cafés, avaliados sensorialmente, são classificados como *gourmets*, ou seja, são aqueles que apresentam qualidade superior, como aroma, sabor, corpo, acidez e gosto residual, relacionada a características intrínsecas do grão cru. Os *gourmets* são constituídos de cafés 100% arábica de origem única ou “blendados” e, com relação à classificação física, os grãos beneficiados devem apresentar tipo 2 a 4, com ausência de defeitos pretos, verdes, ardidos, preto-verdes e fermentados (Leme, 2007).

Os cafés especiais ainda têm pouca representatividade em relação ao total do café produzido no Brasil, uma vez que a maior parte do que é produzido é de café *commodity*. No entanto, a produção e o consumo de cafés especiais crescem em todo o mundo, buscando atender aos consumidores que passaram a exigir qualidade. Os cafés tradicionais têm taxa de crescimento de 1,5% ao ano, enquanto os especiais crescem 10% ao ano.

São fundamentais, para alcançar o segmento de cafés especiais, profundas alterações na produção, sobretudo nas etapas de pós-colheita e, principalmente, nas formas de comercialização. Cada lote necessita ser negociado quase que individualmente e as grandes cooperativas e ou exportadores resistem às transformações. Apesar dos custos maiores de

produção, o café especial alcança um ganho final de 35% a 40% sobre o valor do produto tradicional (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas-SEBRAE, 2008).

A análise sensorial de cafés vem se modificando ao longo dos anos, visando atender a essas exigências. No caso dos cafés tradicionais, ela é realizada pela prova da xícara, sendo este um método mais rápido e menos descritivo. No entanto, a análise sensorial de cafés especiais requer um maior detalhamento das características presentes nas amostras. A SCAA possui metodologias específicas para os cafés especiais, nas quais a análise sensorial é mais objetiva na quantificação da qualidade. As metodologias para análise de cafés especiais são revisadas periodicamente, tornando-as mais elaboradas (Leme, 2007; Salva & Lima, 2007; *Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

No Brasil, a BSCA é uma associação que foi criada com o objetivo de estimular a produção e o consumo de cafés especiais. Os cafés especiais, devido às diferenciações quanto à forma de produção e à qualidade, estão inseridos em um mercado no qual se priorizam a qualidade do produto e a responsabilidade social e ambiental. No entanto, com essa diferenciação surgem maiores exigências do mercado, como necessidade de certificações, estratégias para divulgação e comercialização do produto (Leme, 2007; *Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008).

Os cafés especiais brasileiros apresentam grande variedade de características, devido às diferentes regiões produtoras. Cada região apresenta características particulares, o que não permite que o produto seja visto de forma semelhante, mas que proporcione comparações. O estado de Minas Gerais, além de ser responsável pela maior produção de café dentre todos os estados, possui diferentes regiões produtoras de cafés especiais. Os cafés de Minas de alta qualidade são produzidos nas regiões Sul de Minas, Matas de Minas, Cerrado e

Chapadas de Minas. O estado possui condições edafoclimáticas e de infraestrutura que propiciam a produção de cafés de qualidade superior e diferenciada (Chagas et al., 2007, *Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008; Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas -SEBRAE, 2008).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar sensorialmente amostras de cafés especiais do estado de Minas Gerais, diferenciando os atributos presentes em cada uma das amostras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-prima e locais de execução

Foram utilizadas, neste experimento, 10 amostras de café (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor, obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado (amostras a, c, e, h) ou natural (amostras b, d, f, g, i, j), da safra 2007, do estado de Minas Gerais. As amostras utilizadas foram selecionadas de um total de 1.162, de diversas regiões do estado. Inicialmente, todas foram classificadas por tipo, peneira e umidade, selecionando-se apenas as que apresentaram tipo 2 para melhor, peneira 16 acima, com vazamento máximo de 5% e umidade máxima de 11,5%. Pela avaliação física, foram selecionadas 746 amostras, sendo 512 naturais e 234 de cereja descascado. Posteriormente, foram classificadas pela análise sensorial.

As amostras utilizadas neste trabalho foram as que obtiveram as melhores notas na análise sensorial, sendo a amostra c da região da Zona da Mata e as demais do Sul de Minas. Todas as análises foram realizadas no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### 2.2 Preparo da amostra

As amostras de café cru foram submetidas à torração média em equipamento Probat BRZ-6, com capacidade para 150 g, segundo o protocolo da SCAA para cafés especiais.

### 2.3 Preparo para a degustação

As amostras foram moídas antes da degustação, na granulometria de 20 mesh. Foram preparadas, no mínimo, 5 xícaras de cada amostra para a degustação, para avaliar a uniformidade, respeitando-se a proporção de 8,25

gramas por 150 mL de água ou 5,5% m/v. A avaliação foi realizada por 7 provadores credenciados pela BSCA, que receberam todas as amostras codificadas.

#### **2.4 Análise sensorial**

A metodologia utilizada foi a do *Cup of Excellence* (CoE) de 1997, na qual cada atributo recebeu nota de acordo com a intensidade. As amostras receberam notas de 0 a 8 para cada atributo sensorial, em uma escala de pontos.

Para a degustação, foi utilizada água mineral, a 93°C. Depois da adição da água, as amostras foram avaliadas com relação ao aroma. A crosta foi mantida sem se quebrar por, no mínimo, 3 minutos e não mais que 5 minutos. A ruptura da crosta foi realizada por leves movimentos circulatorios e o aroma novamente analisado. A seguir, aguardou-se que ocorresse a sedimentação dos sólidos em suspensão e o resfriamento da amostra a 70°C, para dar início à degustação. Os degustadores avaliaram o aroma em três partes: pó seco, crosta e infusão e anotaram os descritores sensoriais que foram encontrados em cada amostra. À temperatura de 70°C, a bebida foi avaliada por sucção, cobrindo-se a maior área possível da cavidade bucal. Nessa temperatura, os vapores convergem na sua intensidade máxima na área retro-nasal. Os atributos avaliados foram bebida limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, gosto remanescente, balanço e nota geral (*Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008, 2008).

#### **2.5 Análise estatística**

As notas dadas aos atributos analisados nas amostras de café foram submetidas à análise de variância e comparadas, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Mead & Curnow, 1983), além da análise de componentes principais (Ferreira, 2008).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 tem-se o resultado das notas referentes a cada atributo analisado, nas 10 amostras. Não houve diferença significativa entre as notas dos atributos bebida limpa, corpo, sabor e nota geral. As demais notas dos atributos apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. A amostra A está entre as que apresentaram as maiores notas nos atributos doçura, acidez, gosto remanescente e balanço, sendo numericamente superior às demais.

**TABELA1** Notas referentes a cada atributo, na análise sensorial de amostras de café *Coffea arabica* L.

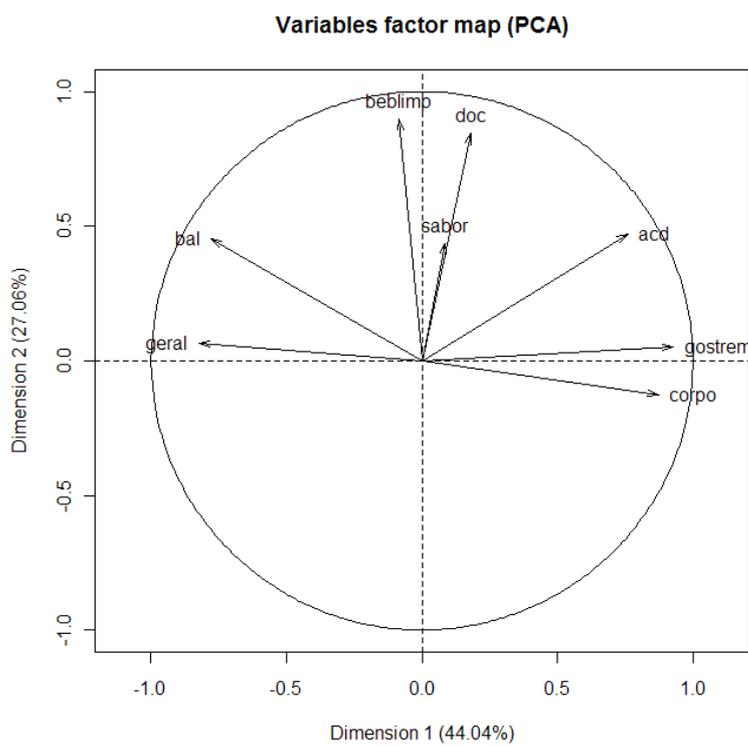
Amostra	BL	D	A	C	S	GR	B	NG
A	6,71a	7,33a	7,28a	6,85a	7,14a	7,00a	7,00a	7,16a
B	6,33a	7,00ab	6,50ab	6,66a	7,00a	6,83ab	6,50ab	6,66a
C	6,66a	7,16ab	7,00ab	6,83a	7,00a	6,50ab	6,66ab	6,66a
D	6,50a	6,66abc	6,50ab	6,50a	6,83a	6,33ab	6,66ab	6,50a
E	6,42a	6,85abc	6,57ab	6,57a	6,85a	6,42ab	6,57ab	6,57a
F	6,33a	6,66abc	6,33b	6,50a	7,00a	6,50ab	6,50ab	6,50a
G	6,33a	6,50bc	6,33b	6,33a	6,66a	6,33ab	6,16b	6,50a
H	6,14a	6,50bc	6,57ab	6,28a	6,83a	6,14b	6,40ab	6,50a
I	6,16a	6,16c	6,50ab	6,50a	6,66a	6,16b	6,33ab	6,83a
J	6,00a	6,66abc	6,33b	6,16a	6,83a	6,33ab	6,33ab	6,66a
CV(%)	6,80	6,00	6,50	6,20	5,98	5,70	6,20	5,80

As notas correspondem à média das notas da análise sensorial de 7 provadores.

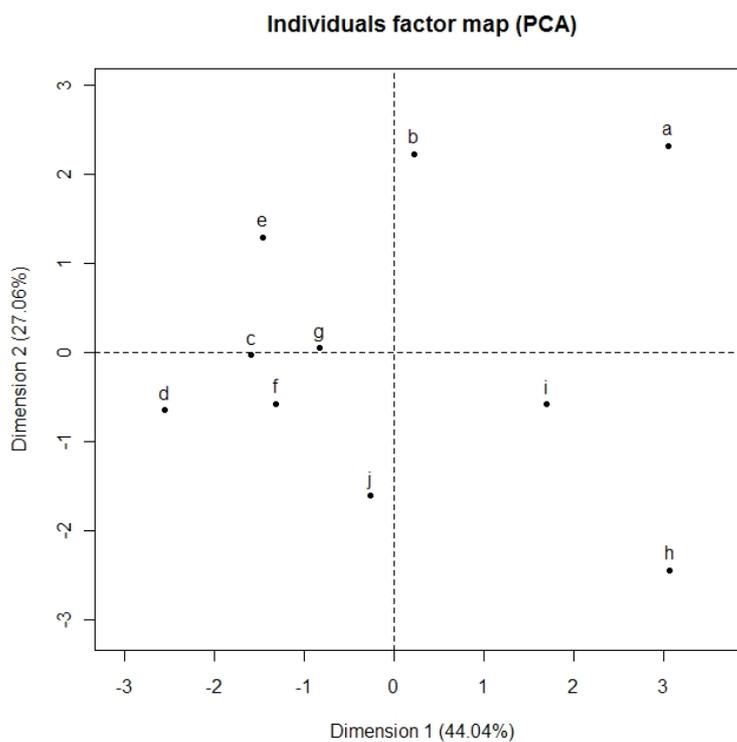
BL (bebida limpa), D (doçura), A (acidez), C (corpo), S (sabor); GR (gosto remanescente), B (balanço), NG (nota geral)

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O método de análise por componentes principais (PCA), empregado nos resultados da análise sensorial, proporcionou um estudo multivariado dos dados experimentais obtidos, facilitando a correlação entre as amostras e os atributos. Os resultados da análise de componentes principais estão demonstrados nas Figuras 1 e 2.



**FIGURA 1** Espaço dos atributos na análise de componentes principais, nas 10 amostras de cafês *Coffea arabica* L.



**FIGURA 2** Espaço das amostras na análise de componentes principais das 10 amostras de café *Coffea arabica* L.

Na Figura 1 observa-se que, com apenas dois componentes principais, é possível explicar 71,1% da variabilidade total dos dados, sendo 44,04% referente à variância total pelo primeiro componente principal e 27,06% pelo segundo componente. A representação gráfica dos componentes principais permite a caracterização dos atributos descritos nas diferentes amostras de café. O primeiro componente principal (eixo X) está relacionado, principalmente, aos atributos gosto remanescente e corpo (direção positiva) e nota geral (direção

negativa), enquanto o segundo componente principal (eixo Y) relaciona-se, principalmente, aos atributos doçura, sabor e bebida limpa (direção positiva).

A dispersão espacial das amostras na análise de componentes principais está ilustrada na Figura 2. A amostra a apresentou-se mais correlacionada ao atributo acidez. A acidez é um importante atributo de qualidade, contribuindo para a vivacidade do café, sendo imediatamente experimentada e avaliada quando a bebida é degustada. No entanto, quando a acidez torna-se intensa demais ou desagradável, ela contribui negativamente para a qualidade da bebida (*Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

A amostra b apresentou-se mais correlacionada aos atributos sabor e doçura. A pontuação dada ao sabor relata a intensidade, a qualidade e a complexidade da combinação gosto e aroma. Um sabor intenso é aquele em que a percepção da bebida é inequívoca e a sensação é imediata e completa, sendo típico e característico do café em análise, podendo lembrar caramelo, chocolate, nozes, etc. Uma pontuação alta no sabor define o café como possuindo personalidade e expressão. A doçura refere-se ao agradável sabor doce e o oposto da doçura é a adstringência (*Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC*, 2008; *Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

As amostras c, d, f e g apresentaram maior correlação com o atributo nota geral. A nota geral refere-se à impressão do provador quanto à complexidade e ao estímulo despertado, durante e após a degustação (*Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

A amostra e mostrou-se mais correlacionada ao balanço, que é a combinação de todos os atributos. Um café bem balanceado é aquele que apresenta todos os atributos em perfeita harmonia (*Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

Com relação às amostras h, i e j, não foi possível estabelecer nenhuma relação com os atributos, pela análise de componentes principais. .

Os atributos corpo e bebida limpa não foram correlacionados especificamente a nenhuma das amostras, ressaltando que não houve diferença significativa nas notas dadas a estes atributos, nas 10 amostras avaliadas. Para o atributo corpo, todas as amostras obtiveram nota superior a 6,0, que é atribuída a um bom corpo, pelo protocolo para análise sensorial utilizado pela SCAA. Um café encorpado é aquele no qual a percepção da oleosidade e da viscosidade na boca é imediata, forte, intensa e perceptível (Associação Brasileira da Indústria do Café-ABIC, 2008, *Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

Na literatura especializada, estabelece-se uma correlação entre o teor de mucilagem aderida ao endocarpo e o corpo da bebida. As bebidas mais encorpadas são, geralmente, aquelas em que o teor de mucilagem aderida ao pergaminho foi maior durante o pré-processamento (natural e cereja descascado). Os cafés desmucilados e despulpados, nos quais a mucilagem é removida, são menos encorpados, quando comparados ao natural e ao cereja descascado. No café natural, a manutenção da casca proporciona a manutenção integral da mucilagem, fazendo com que a bebida seja mais encorpada, quando comparada ao café cereja descascado (Mori, 2001; Leite, 2002). Nos resultados da análise sensorial apresentados neste trabalho, não houve diferença significativa entre as amostras natural e cereja descascado, ressaltando-se que outros fatores podem estar relacionados, como variedade, solo e condições de secagem.

As notas finais das 10 amostras de café obtidas na análise sensorial encontram-se na Tabela 2. As notas finais correspondem ao somatório dos atributos, acrescidos do fator 36.

**TABELA 2** Notas finais na análise sensorial das amostras de café *Coffea arabica* L.

<b>Amostra</b>	<b>Nota final</b>
a	92,71 <sub>a</sub>
c	90,14 <sub>ab</sub>
b	89,28 <sub>bc</sub>
e	88,85 <sub>bc</sub>
d	88,57 <sub>bc</sub>
f	87,71 <sub>bc</sub>
g	87,28 <sub>bc</sub>
h	87,28 <sub>bc</sub>
i	87,14 <sub>c</sub>
j	86,85 <sub>c</sub>

CV(%) 1,92

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. As notas correspondem à média das notas da análise sensorial de 7 provadores.

De acordo com o protocolo de análise sensorial da SCAA, os cafés são classificados, com relação à qualidade, pela pontuação da nota final. Os cafés com nota maior ou igual a 80 são considerados especiais (Tabela 3).

**TABELA 3** Classificação dos cafés especiais, baseada na nota final da análise sensorial, segundo o protocolo da SCAA.

<b>Nota final</b>	<b>Descrição especial</b>	<b>Classificação</b>
95-100	Exemplar	Superprêmio de especialidade
90-94	Excepcional	Prêmio de especialidade
85-89	Excelente	Especialidade
80-84	Muito bom	Especial

Fonte: *Coffee Quality Institute* (2008).

Todas as amostras se encontram nas três primeiras categorias de cafés especiais. As amostras a e c destacam-se pela pontuação, sendo consideradas prêmio de especialidade. A amostra b, que obteve a nota 89,28, encontra-se entre as categorias especialidade e prêmio de especialidade. As demais são classificadas como especialidade.

Na Tabela 4 estão apresentados os descritores sensoriais relatados pelos provadores, na análise sensorial das 10 amostras de café.

**TABELA 4** Descritores sensoriais relatados nas amostras de café torrado (*Coffea arabica* L.).

<b>Descritores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Amora	x									
Caramelo	x					x		x	x	
Cassis	x									
Cítrico	x	x	x		x	x			x	x
Chocolate						x				
Creme							x			
Doce	x				x	x	x		x	
Floral	x	x	x			x	x		x	
Frutado	x		x						x	x
Laranja					x					
Limão					x					
Manteiga					x			x	x	
Maracujá		x								
Mel	x		x							
Morango			x							
Pêssego									x	
Rapadura			x							

Os descritores utilizados na Tabela 4 estão associados, principalmente, a sabores que se encontram na natureza. Esses descritores são tradicionalmente utilizados para a análise sensorial de vinhos. Como a análise sensorial de cafés passou a ser mais diferenciada, principalmente para os cafés especiais, hoje eles também são nela utilizados. Dentre os grupos mais citados na literatura destacam-se: floral, especiaria, frutado, herbáceo/vegetal, noz, caramelizado, madeirizado, terroso, químico, pungente, oxidado e microbiológico. Dentro de cada grupo podem ser utilizados vários descritores mais específicos, como violeta, rosa, flor de laranjeira (floral); anis, cravo, pimenta (especiarias); limão, amora, morango, pêsego (frutado); grama, azeitona, menta (herbáceo/vegetal); mel, manteiga, chocolate (caramelizado); torrado, café, baunilha (madeirizado); repolho, ácido acético, plástico (químico); mentol, álcool (pungente), etanal (oxidado); borra, fermento de pão, iogurte (microbiológico) (Saes, 2006; Gonzáles-Rios, 2007; Zellner et al., 2008; Miele, 2008).

O descritor sensorial cítrico foi descrito em 70% das amostras obtidas pelo pré-processamento natural ou cereja-descascado, sugerindo que essa característica pode estar associada à região de cultivo, uma vez que todas foram produzidas no estado de Minas. Os descritores floral e doce também se destacaram, sendo relatados em 60% e 50% das amostras, respectivamente. A maioria das amostras analisadas foi produzida na região Sul de Minas, que é conhecida por produzir cafés com corpo e aroma excelentes e doçura natural não encontrada em outra parte do mundo (*Brazil Specialty Coffee Association-BSCA*, 2008). Os descritores caramelo, frutado, manteiga e mel são relatados, respectivamente, em 40%, 40%, 30% e 20% das amostras. Os demais descritores foram relatados em apenas uma das amostras analisadas (10%).

A amostra a foi a que apresentou o maior número de descritores na análise sensorial. A importância do descritor utilizado está relacionada ao mercado consumidor. Alguns compradores preferem cafés com aroma cítrico,

enquanto outros, o aroma achocolatado. A descrição do aroma é avaliada também para a escolha dos cafês que são utilizados nas ligas (*blends*). Na composição das ligas são misturados grãos de diferentes regiões produtoras de café, combinados em proporção para que o produto adquira as características desejadas por um determinado grupo de consumidores (Sanz et al., 2002).

O pré-processamento utilizado na pós-colheita pode originar aromas diferenciados no café torrado. Gonzáles-Rios et al. (2007) demonstraram que a água e a fermentação microbológica podem interferir na composição dos voláteis do café torrado. Nas amostras em que a mucilagem foi removida em tanques de fermentação utilizando água, os descritores mais relacionados foram frutado, floral e caramelo, enquanto a amostra obtida por retirada mecânica produziu uma bebida mais neutra. Neste trabalho, não foi possível correlacionar os descritores aos pré-processamentos utilizados, cereja descascado e natural, possivelmente devido à interferência de outros fatores, como região de plantio, cultivares e condições de secagem. Como já descrito por outros pesquisadores, esses fatores promovem diferenças significativas na composição química do grão cru, as quais são os componentes precursores do aroma do café (Feldman et al., 1969; Mendonça et al., 2005; Alves et al., 2007; Borém et al., 2008)

Os descritores sensoriais descritos neste trabalho foram identificados no ponto de torração médio. Sarazin et al. (2000) relataram que, após a torração, ocorre uma ampliação desses descritores. Comparando-os em diferentes pontos de torra, os mesmos autores observaram diferença qualitativa desses descritores, entre os pontos de torração.

Os descritores relatados pelos observadores estão relacionados aos compostos químicos formados durante o processo de torração que caracterizam o café torrado. Dentre os constituintes que se correlacionam com os descritores destacam-se aldeídos, ácidos, cetonas, furanos, compostos sulfurados, pirazinas e fenóis (De Maria et al., 1999; Moreira et al., 2000; Jiemin et al., 2004). Vários

trabalhos são realizados com o objetivo de correlacionar esses descritores com a composição química, para melhor compreensão e menor subjetividade da avaliação do sabor e aroma do café torrado. No entanto, a maioria dos autores relata, usualmente, que é difícil atribuir uma característica sensorial a um composto químico específico, devido à combinação dos mesmos, que modifica a percepção sensorial do julgador (Kumazawa & Masuda, 2003; Bassoli, 2006; Salva & Lima, 2007; Zellner, 2008).

O aroma e o sabor são determinantes na classificação sensorial do café. Considerando que o valor de mercado de um café é estabelecido pelas análises física e sensorial, o conhecimento da formação e da composição do aroma e sabor do café torrado torna-se extremamente necessário (Brasil, 2003, *Specialty Coffee Association of America-SCAA*, 2008).

## 4 CONCLUSÃO

Os atributos que mais contribuíram para a diferenciação na nota final das amostras analisadas foram doçura, acidez, gosto remanescente e balanço.

As amostras a, b e c destacaram-se das demais pelas melhores pontuações das notas finais na análise sensorial.

A acidez é o atributo que mais caracteriza a amostra a. A amostra b é caracterizada, principalmente, pelos atributos doçura e sabor e a c, pela nota geral.

O descritor sensorial cítrico foi relatado na maioria das amostras.

A amostra a apresentou maior variedade de descritores sensoriais relatados.

As amostras foram caracterizadas principalmente como cítricas, doces e florais.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Disponível em: <http://www.abic.com.br>. Acesso em: out. 2008.

ALVES, B.H.P.; NASCIMENTO, E.A.; AQUINO, F.J.T.; CHANG, R.; MORAIS, S.A.L.M. Composição química de cafés torrados no cerrado e no sul de Minas Gerais. **Ciência e Engenharia**, Uberlândia, v.16, n. 1- 2, p.9-15, 2007.

BASSOLI, D.G. **Impacto aromático dos componentes voláteis do café solúvel: uma abordagem analítica e sensorial**. 2006. 237p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BORÉM, F.M.; CORADI, P.C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1609-1515, set./out. 2008.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003**. Regulamento técnico de identidade de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Disponível em: <<http://www.ministério.gov.br>>. Acesso em: out. 2008.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br>>. Acesso em: out. 2008.

CHAGAS, S.J.R.; MALTA, M. R., PEREIRA, R.G.F.A. Potencial da região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais (I – Atividade da polifenoxidase, condutividade elétrica e lixiviação de potássio) **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.590-597, maio/jun. 2005.

COFFEE QUALITY INSTITUTE. **SCAA Roasting and Cupping Protocol**. Disponível em: <http://www.coffeeinstitute.org>. Acesso em: out. 2008

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.2, p.209-217, mar./abr. 1999

FELDMAN, J.R.; RYDER, W.S; KUNG, T. Importance of Nonvolatile Compounds to the Flavor of Coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.17, n.4, p. 733, 1969.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4.0. IN. REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.225-258.

FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada**. Lavras: UFLA, 2008. 661p.

GONZÁLES-RIOS, O.; SAUREZ-QUIROZ, M. L.; BOULANGER, R.; BAREL, M.; GUYOT, B.; GUIRAUD, J.; S, S. Impact of “ecology” post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. **Journal of food composition and analysis**, San Diego, v.20, n.3, p.297-307, May 2007.

JIEMIN, L.; NING, L.; MEIJUAN, W.; GUIBIN, J. Determination of volatile sulfur compounds in beverage and coffee samples by purge-and-trap on-line coupling with a gas chromatography-flame photometric detector. **Microchimica Acta**, Ottawa v.148, n.1, p.43-47, 2004.

KUMAZAWA, K; MASUDA, H. Investigation of the change in the flavor of a coffee drink during heat processing. **Journal of Agricultural and food chemistry**, Washington, v.51, n. 9, p.2674-2678, Apr. 2003.

LEITE, R.A. **Mucilagem residual e qualidade da bebida do café cereja descascado**. 2002.105p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo.

LEME, P.H.M.V. **Os pilares da qualidade**: o processo de implementação do programa de qualidade do café (PQC) no mercado de café torrado e moído do Brasil. 2007. 110p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MEAD, R.; CURNOW, R.N. **Statistical methods in agriculture and experimental biology**. London: Chapman and hall, 1983. 335p.

MENDONÇA, L.M.V.L.; PEREIRA, 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, v.25, n.2, p.239-243, abr./jun. 2005.

MIELE, A. **Técnicas de análise sensorial de vinhos e espumantes**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. 6p.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.195-203, maio/jun. 2000.

MORI, E Qualidade técnica e sensorial. **Jornal do Café**, São Paulo, v.10, n.119, p.5, 2001.

PEREIRA, R.G.F.A. **Tecnologia e qualidade de café, raízes e tubérculos**. 2003. 54p. Especialização (Pós-graduação “Lato Sensu” à distância: Tecnologia e Qualidade de Alimentos Vegetais) – Fundação de apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAES, A. M. Do vinho ao café: aspectos sobre a política de diferenciação. **Informações econômicas**, Piracicaba, v.36, n.2, p.7-19, fev. 2006.

SALVA, T.J.G; LIMA, V. B. Composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v.59, n.1, p.57-59, 2007

SANZ, C.; MAEZTU, L., Z., M.J; BELLO, J. CID. C. Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends of coffee: influence of different proportions of arabica and robusta and influence of roasting coffee with sugar. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.82, n.8, p.840-847, June 2002.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Café gourmet e orgânico**: relatório completo. 2008. 184p.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Disponível em: <<http://www.scaa.org>>. Acesso em: out. 2008.

ZELLNER, B. A.; DUGO, P.; DUGO, G., MONDELLO, L. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v.1186, n.1-2, p.123-143, Apr. 2008.

**CAPÍTULO 3**  
**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS CRUS**  
**E TORRADOS DE CAFÉS ESPECIAIS**

## RESUMO

RODARTE, Mirian Pereira. Composição química dos grãos crus e torrados de cafés especiais. In: **\_\_\_\_\_Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais.** 2008. Cap.3, p.71-99- Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras<sup>1</sup>.

Foram utilizadas amostras de cafés especiais (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor, obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado e natural, da safra 2007, do estado de Minas Gerais. As amostras selecionadas receberam notas finais superiores a 86,0 na análise sensorial da bebida, pela metodologia do *Cup of Excellence*, realizada por provadores qualificados. O ponto de torração médio foi utilizado para todas as amostras e o processo de torração foi monitorado pelos seguintes parâmetros: temperatura inicial, temperatura na massa de grãos, tempo de torração e coloração dos grãos torrados. Em todas as amostras foram constatadas diferenças significativas para as variáveis analisadas, com exceção do resíduo mineral fixo nos grãos crus e torrados e açúcares totais e não redutores nos grãos torrados. A torração promoveu um decréscimo nos valores de açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, proteínas, ácidos clorogênicos totais, pH, sólidos solúveis totais e cinzas e um aumento nos valores de lipídios e acidez titulável. A amostra A foi uma das que apresentaram os maiores valores de acidez titulável, de maneira coerente com a análise sensorial, que atribuiu a maior nota, numericamente, ao atributo acidez nesta amostra. Todos os resultados encontrados nas análises químicas realizadas nos grãos crus e torrados estão de acordo com os encontrados na literatura para cafés de qualidade superior.

**Palavras-chave:** café, qualidade, química

---

<sup>1</sup> Comitê de Orientação: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-orientadores).

## ABSTRACT

RODARTE, Mirian Pereira. Chemical analysis of raw and roast grains of special coffees. In: \_\_\_\_ **Sensory and chemical analysis and volatile constituents profile of the special coffees**. 2008. Cap.3, p.71-99- Thesis (Doctorate in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras\*.

Special coffees samples (*Coffea arabica* L.) type 2 to better peeled cherry and natural pre-process from the season 2007 in Minas Gerais state were used in this experiment. The selected samples received final scores over 86.0 in the sensory analysis of the drink using the CoE (Cup of Excellence) methodology by qualifying assessors. The medium roasting degree was used for all the samples, this process was monitored by the following parameters: early temperature, grains mass temperature, roasting time and color of the roast grains. The especial coffee samples showed significant differences in all the analyzed variables except in the fixed mineral residues in the raw and roast grains and total sugars and non-reducing sugars in the roast grains. The roasting process promoted a decrease in the total sugars values, reducing sugars, non-reducing sugars, proteins, total chlorogenic acids, pH, total soluble solids and ashes and an increase in the lipids and titratable acidity values. The sample a was one of samples with highest titratable acidity values in the roast grains, consistent with sensory analysis attributed the highest acidity score this sample. The chemical analysis results in the raw and roast grains were in accordance with superior quality coffee literature.

**Key words:** coffee, quality, chemistry.

---

\* Guidance Committee: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Adviser); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-advisers).

## 1 INTRODUÇÃO

O aroma e o sabor da bebida são aspectos imprescindíveis para a qualidade do café. No Brasil, a avaliação da qualidade do café é realizada pela análise física dos grãos e a análise sensorial da bebida.

As características de cada bebida, identificadas na análise sensorial, estão relacionadas à constituição química dos grãos. Os grãos crus são constituídos de vários compostos, destacando-se os grupos dos carboidratos, ácidos, alcalóides, proteínas e lipídios. Esses componentes presentes nos grãos são a matriz para as reações que ocorrem durante a torração, formando o aroma e o sabor que são percebidos e avaliados pelos provadores na bebida obtida (Feldman et al., 1969; Flament, 2002; Pereira, 2003)

O processo de torração é decisivo para a formação dos compostos que conferem as propriedades sensoriais à bebida. Dentre as reações que ocorrem durante a torração, destacam-se as reações de Maillard, a degradação de Strecker, a caramelização de açúcares e a degradação de ácidos clororogênicos, proteínas e polissacarídeos (Illy & Viani, 1998). Estas reações fazem com que os grãos torrados e a bebida apresentem variação quantitativa e ou qualitativa dos componentes químicos, quando se utilizam diferentes pontos de torração (Moura et al., 2007).

As análises físico-químicas e químicas são utilizadas visando auxiliar a verificação da qualidade do café realizada por análise sensorial. Essas análises são aplicáveis em várias etapas do processo, como nos grãos beneficiados, durante o processo de torração, nos grãos torrados e moídos e também na bebida (Schenker et al., 2000; Aguiar et al., 2005; Farah et al., 2005; Martins et al., 2005; Moura et al., 2007; Schmidt et al., 2008).

Vários trabalhos foram realizados para obter a melhor compreensão da química do café (Vieira et al., 2001; Fernandes et al., 2003; Silva et al., 2004;

Mendonça et al., 2005; Casal et al., 2005; Salva & Lima, 2007). No entanto, poucos foram direcionados especificamente para a análise dos cafés especiais. O presente trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar a constituição química e físico-química de grãos crus e torrados de cafés classificados, pela análise sensorial, como especiais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-prima e locais de execução

Foram utilizadas, neste experimento, 10 amostras de café (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor, obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado (amostras a, c, e, h) ou natural (amostras b, d, f, g, i, j), da safra 2007, do estado de Minas Gerais.

As amostras utilizadas foram selecionadas dentre 1.162 outras de diversas regiões do estado. Inicialmente, todas foram classificadas por tipo, peneira e umidade, selecionando-se apenas as que apresentaram tipo 2 para melhor, peneira 16 acima, com vazamento máximo de 5% e umidade máxima de 11,5%. Pela avaliação física, foram selecionadas 746 amostras, sendo 512 naturais e 234 de cereja descascado, e, posteriormente, foram classificadas pela análise sensorial. Foram utilizadas neste trabalho as que obtiveram as melhores notas na análise sensorial, sendo a amostra c da região da Zona da Mata e as demais do Sul de Minas. Todas as análises foram realizadas no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### 2.2 Preparo da amostra

As amostras foram torradas em equipamento Probat BRZ-6, com capacidade para 150 g, no ponto de torração médio, segundo o protocolo da SCAA para cafés especiais. O tempo de torração, a temperatura inicial e a temperatura na massa de grãos foram monitorados durante todo o processo, sendo a temperatura inicial no torrador 150°C, a temperatura média final na massa de grãos 213°C e o tempo médio de torração, 9,26 minutos. A cor do café torrado foi monitorada, utilizando-se um colorímetro (Chromameter-2 Reflectance, Minolta, Osaka, Japan) acoplado a um processador de dados (OP-300). As amostras torradas foram moídas na granulometria de 20 *mesh*.

## **2.3 Metodologias utilizadas para as análises químicas**

### **2.3.1 Açúcares totais e redutores**

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1992) e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.3.2 Proteína**

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Micro-Kjeldahl, compreendendo as etapas de digestão com  $H_2SO_4$ , destilação com solução de NaOH 50% e titulação com HCl 0,02 N, conforme procedimento da AOAC (1990). O fator 6,25 foi utilizado para a conversão em proteína bruta. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.3.3 Extrato etéreo**

O extrato etéreo foi obtido com extração com éter etílico, por 5 horas, em aparelho tipo Soxhlet da Tecnal, segundo as normas da AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.3.4 Ácidos clorogênicos**

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

### **2.3.5 Acidez titulável**

A partir do filtrado obtido por agitação de 2 g de amostra em 50 mL de água, a acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, de acordo com a técnica descrita pela AOAC (1990). Os resultados foram expressos em mL de NaOH 0,1 N por 100 g de amostra.

### **2.3.6 pH**

O pH das amostras foi medido em peagômetro digital PG 100 (Gehaka).

### **2.3.7 Sólidos solúveis**

Determinaram-se os sólidos solúveis por meio de refratômetro portátil, conforme as normas da AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.3.8 Cinzas**

As cinzas foram determinadas por método gravimétrico, com aquecimento a 550°C em mufla e, posteriormente, utilizando-se balança analítica (AOAC, 1990). Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **2.3.9 Análise estatística**

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x10, constituídos pelos pontos de torração (cru e torrado) e pelas amostras (a a j). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Mead & Curnow, 1983).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Açúcares totais, não redutores e redutores

Os resultados dos açúcares nos grãos crus e torrados das 10 amostras de cafés especiais encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3.

Os resultados dos açúcares totais (Tabela 1) mostraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos grãos crus entre as amostras. Com relação ao processo de torração, observa-se redução significativa nos níveis de açúcares totais em todas as amostras analisadas, em relação aos grãos crus. Nos grãos torrados, não houve diferença entre as amostras.

**TABELA 1** Valores médios de açúcares totais ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.

Amostra	Cru	Torrado
<b>a</b>	7,82 <sub>Aef</sub>	1,33 <sub>Ba</sub>
<b>b</b>	8,06 <sub>Ade</sub>	1,23 <sub>Ba</sub>
<b>c</b>	9,65 <sub>Aa</sub>	1,56 <sub>Ba</sub>
<b>d</b>	8,97 <sub>Aab</sub>	1,31 <sub>Ba</sub>
<b>e</b>	8,63 <sub>Abcd</sub>	1,47 <sub>Ba</sub>
<b>f</b>	8,86 <sub>Abc</sub>	1,25 <sub>Ba</sub>
<b>g</b>	8,15 <sub>Acde</sub>	0,88 <sub>Ba</sub>
<b>h</b>	7,24 <sub>Af</sub>	1,24 <sub>Ba</sub>
<b>i</b>	8,86 <sub>A;bc</sub>	1,25 <sub>Ba</sub>
<b>j</b>	8,04 <sub>A;de</sub>	1,12 <sub>Ba</sub>

CV(%) 8,41

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
MS: matéria seca.

Embora as amostras apresentem valores diferentes de açúcares totais nos grãos crus, todos os valores se encontram dentro da faixa de 5% a 10%,

encontrada na literatura (Prete, 1992). Barrios (2001), Pinto (2002) e Vilela (2002) encontraram valores médios de açúcares totais em cafés classificados como bebida mole, apenas mole e estritamente mole em torno de 9,90%, 8,62% e 9,27%, respectivamente.

Os açúcares totais nos grãos crus são representados pelos açúcares redutores, principalmente glicose e frutose, e pelos não redutores, sendo a sacarose predominante (Rogers et al., 1999). Durante a torração, os açúcares presentes no endosperma do café participam das reações de Maillard e de caramelização, formando compostos voláteis e não voláteis que podem conferir à bebida sabores e aromas desejáveis ou não, dependendo dos compostos formados e das concentrações dos mesmos. Os cafés com maiores concentrações de açúcares totais nos grãos crus apresentam maior potencialidade para o desenvolvimento das reações de Maillard e de caramelização (Illy & Viani, 1998; Salva & Lima, 2007).

As concentrações de açúcares totais decresceram significativamente durante a torração, devido à participação dos açúcares presentes no endosperma nas reações de Maillard e de caramelização. Os valores dos açúcares totais nos grãos torrados dependem do ponto de torração e dos parâmetros de tempo e de temperatura estabelecidos para o processo. Moura et al. (2007) encontraram valores de 1,12% a 3,16% em cafés torrados em diferentes condições de tempo e de temperatura.

Os resultados dos açúcares não redutores mostraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, tendo a amostra c sido a que apresentou o maior valor (Tabela 2). Houve redução significativa nos valores de açúcares não redutores após o processo de torração. Com relação aos açúcares não redutores, não houve diferenças significativas entre as amostras nos grãos torrados.

**TABELA 2** Valores médios de açúcares não redutores ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.

<b>Amostra</b>	<b>Cru</b>	<b>Torrado</b>
<b>a</b>	7,19 <sup>Ade</sup>	0,98 <sup>Ba</sup>
<b>b</b>	7,36 <sup>Acde</sup>	0,82 <sup>Ba</sup>
<b>c</b>	9,04 <sup>Aa</sup>	1,15 <sup>Ba</sup>
<b>d</b>	8,13 <sup>Ab</sup>	0,90 <sup>Ba</sup>
<b>e</b>	8,04 <sup>Abc</sup>	1,04 <sup>Ba</sup>
<b>f</b>	8,14 <sup>Ab</sup>	0,87 <sup>Ba</sup>
<b>g</b>	7,54 <sup>Abcd</sup>	0,55 <sup>Ba</sup>
<b>h</b>	6,66 <sup>Ae</sup>	0,92 <sup>Ba</sup>
<b>i</b>	8,18 <sup>Ab</sup>	0,96 <sup>Ba</sup>
<b>j</b>	7,30 <sup>Acde</sup>	0,83 <sup>Ba</sup>

CV(%) 9,49

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
MS: matéria seca.

A maior fração dos açúcares não redutores, aproximadamente 7%, é representada pela sacarose, composto termicamente instável, decompondo-se sob altas temperaturas. Durante a torração, a sacarose é rapidamente degradada, dando origem a açúcares redutores, melanoidinas e outros compostos. As melanoidinas são responsáveis pela cor marrom dos grãos torrados. A degradação da sacarose ocorre em função do ponto de torração, e os teores de sacarose encontrados na torra escura são muito baixos (Sivetz, 1963; Illy & Viani, 1998).

Os valores de açúcares redutores encontrados neste trabalho estão de acordo com os encontrados na literatura, tanto para os grãos crus como para os torrados no ponto de torração médio. No ponto de torração claro, já ocorre uma perda significativa da sacarose (Illy & Viani, 1998).

Na Tabela 3 encontram-se os resultados dos açúcares redutores nas amostras analisadas. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos resultados dos grãos crus entre as amostras, tendo a amostra sido a que apresentou os maiores valores. Houve redução dos açúcares redutores após o processo de torração. Nos grãos torrados, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos resultados para este caráter.

**TABELA 3** Valores médios de açúcares redutores ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.

<b>Amostra</b>	<b>Cru</b>	<b>Torrado</b>
<b>a</b>	0,63 <sup>Acde</sup>	0,34 <sup>Babcd</sup>
<b>b</b>	0,71 <sup>Abc</sup>	0,41 <sup>Bab</sup>
<b>c</b>	0,60 <sup>Ade</sup>	0,42 <sup>Ba</sup>
<b>d</b>	0,83 <sup>Aa</sup>	0,42 <sup>Ba</sup>
<b>e</b>	0,58 <sup>Ae</sup>	0,43 <sup>Ba</sup>
<b>f</b>	0,72 <sup>Ab</sup>	0,37 <sup>Babc</sup>
<b>g</b>	0,61 <sup>Ade</sup>	0,33 <sup>Bbcd</sup>
<b>h</b>	0,58 <sup>Ae</sup>	0,31 <sup>Bbcd</sup>
<b>i</b>	0,68 <sup>Abcd</sup>	0,29 <sup>Bd</sup>
<b>j</b>	0,74 <sup>Ab</sup>	0,30 <sup>Bcd</sup>

CV(%) 8,75

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
MS: matéria seca.

Os resultados dos açúcares redutores estão de acordo com os encontrados na literatura, que são de 0,1% a 1,0% (Illy & Viani, 1998). A redução dos açúcares redutores após a torração deve-se à reação destes compostos com os grupamentos aminos de aminoácidos, peptídeos e proteínas, fazendo com que nos café torrados exista apenas um pequeno resíduo de glicose e frutose (Flament, 2002; Illy & Viani, 1998).

### 3.2 Proteínas

Pelos resultados mostrados na Tabela 4 observa-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para as amostras analisadas, tanto para os grãos crus quanto para os grãos torrados. Após a torração, os valores de proteínas se reduziram, para todas as amostras analisadas. As amostras b e h destacaram-se com os maiores valores no grão cru. Nos grãos torrados, as amostras e e f apresentaram os maiores valores.

**TABELA 4** Valores médios de proteínas ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.

Amostra	Cru	Torrado
a	13,59Ab	8,72Bc
b	14,36Aa	9,03Bbc
c	13,65Ab	8,82Bbc
d	13,28Ab	8,82Bbc
e	13,65Ab	10,04Ba
f	13,18Ab	9,43Bab
g	13,21Ab	9,32Bbc
h	14,37Aa	9,13Bbc
i	13,06Ab	8,79Bbc
j	13,33Ab	8,86Bbc

CV(%) 3,13

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
MS: matéria seca.

Os valores de proteínas citados na literatura são de 11%-13% (Illy & Viani, 1998; Flament, 2002). Os valores mensurados neste trabalho foram superiores em algumas amostras, porém, abaixo daqueles encontrados por Mendonça (2004), os quais variaram de 14,97% a 18,16% para diferentes

cultivares de café. Carvalho (1998) descreve que, em teores aproximados de 13% no grão cru, as proteínas dão contribuições marcantes ao aroma e ao sabor do café por meio de produtos de sua decomposição nas reações de pirólise, durante a torração. A redução dos valores das proteínas nos grãos torrados ocorre devido à proteólise durante a torração, liberando aminoácidos e peptídios. Os aminoácidos e peptídios podem reagir com os açúcares redutores, formando vários compostos na reação de Maillard (Carvalho, 1998). Além desta reação, a degradação direta de aminoácidos sulfurados (cistina, cisteína e metionina) pode dar origem a compostos contendo enxofre, que contribuem de forma decisiva para o aroma final do café torrado (Moreira et al., 2000). Outro aspecto importante para o sabor da bebida, relacionado às proteínas, refere-se às ligações de partículas insolúveis de proteínas a substâncias graxas, formando, no café coado, partículas coloidais responsáveis pela turbidez da bebida (Carvalho, 1998).

### **3.3 Extrato etéreo**

Os resultados expressos na Tabela 5 demonstram os valores de extrato etéreo em grãos de café cru e torrados. Os valores de extrato etéreo diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) nas amostras de café cru que foram analisadas, estando todos os valores próximos aos relatados para cafés arábica, que variam de 12% a 18% no café cru, por Vidal (2001). Nos grãos torrados, os valores de extrato etéreo também diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre as amostras.

**TABELA 5** Valores médios de extrato etéreo ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.

<b>Amostra</b>	<b>Cru</b>	<b>Torrado</b>
<b>a</b>	13,82 Aab	19,02 Bab
<b>b</b>	12,72 Aabc	20,22 Ba
<b>c</b>	12,23 Abc	17,47 Bbc
<b>d</b>	11,76 Abc	16,95 Bc
<b>e</b>	12,12 Abc	16,24 Bc
<b>f</b>	11,50 Ac	17,68 Bbc
<b>g</b>	13,14 Aabc	16,02 Bc
<b>h</b>	14,78 Aa	17,62 Bbc
<b>i</b>	13,60 Aab	16,65 Bc
<b>j</b>	12,47 Abc	16,26 Bc

CV(%) 7,29

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
MS: matéria seca.

A fração lipídica presente no café é importante para a qualidade da bebida, não apenas pela quantidade em que se encontra no grão, mas também pela composição dessa fração. Os lipídios presentes nos grãos estão susceptíveis à oxidação, que pode se iniciar ainda nos grãos crus. As oxidações lipídicas em grãos de café podem refletir no produto final, alterando o sabor e o aroma (Pádua et al., 2002; Salva & Lima, 2007). Os lipídios podem também ter uma ação benéfica na qualidade da bebida, pois, durante a torração, concentram-se nas áreas externas do grão, protegendo-o contra a perda de componentes importantes do aroma. Os cafés de bebida de melhor qualidade apresentam maior concentração de lipídios na região periférica dos grãos, que se apresentam como corpos lipídicos bem definidos no interior dos protoplastos. Com a perda da qualidade, os lipídios se apresentam homogeneamente distribuídos no tecido dos grãos. Neste caso, eles não se apresentam mais em corpos lipídicos bem definidos, mas sim dispersos de forma irregular dentro da célula e nos espaços intercelulares (Goulart et al., 2007).

Observa-se, pelos dados da Tabela 5, um aumento da concentração de lipídios após a torração, em todas as amostras. O aumento do teor de lipídios após o processo de torração já foi relatado em outros trabalhos (Lago, 2001; Mendonça, 2004; Nascimento et al., 2007). O teor de lipídios aumenta em função do ponto de torração, sendo os maiores valores encontrados na torração escura (Nascimento et al., 2007). Segundo Lercker et al. (1996), a concentração de lipídios aumenta após a torração, sobretudo pela degradação de carboidratos durante o processo térmico.

### 3.4 Ácidos clorogênicos totais

Pelos dados da Tabela 6 observa-se que os valores dos ácidos clorogênicos diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, tanto para os grãos crus quanto para os torrados. Após a torração, houve redução na concentração de ácidos clorogênicos, para todas as amostras.

**TABELA 6** Valores médios de ácidos clorogênicos totais ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais.

Amostra	Cru	Torrado
<b>a</b>	5,28Ad	3,35Bd
<b>b</b>	5,53Acd	3,54Bcd
<b>c</b>	5,45Acd	3,76Babcd
<b>d</b>	6,12Aa	3,87Babcd
<b>e</b>	6,05Aab	3,78Babcd
<b>f</b>	6,24Aa	3,72Bbcd
<b>g</b>	6,38Aa	3,83 Babcd
<b>h</b>	6,20Aa	4,12Babc
<b>i</b>	5,98Aabc	4,35Ba
<b>j</b>	6,02Aabc	4,27Bab

CV(%) 6,49

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. MS: matéria seca.

Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos não-voláteis encontrados no café. Durante a torração, os ácidos clorogênicos são degradados, formando compostos fenólicos que contribuem para o aroma e o sabor da bebida, além de outros compostos, como as lactonas e os ácidos livres (Trugo & Macrae, 1986; Farah et al., 2005). A contribuição dos compostos voláteis originados a partir dos ácidos clorogênicos na qualidade da bebida está relacionada ao composto formado e à sua concentração.

Os compostos fenólicos voláteis formados a partir dos ácidos clorogênicos apresentam características sensoriais bem variadas, sendo responsáveis pelo odor de matéria queimada, de especiarias, de cravo, de fumo e também pela sensação de amargor e de adstringência encontrados na bebida (Moreira et al., 2000; Flament, 2002). Essa grande variedade sensorial justifica a dificuldade para correlacionar a quantidade de ácidos clorogênicos totais com a qualidade da bebida, o que justifica a existência de resultados controversos em diversos trabalhos (Silva, 1999; Farah & Donangelo, 2006; Salva & Lima, 2007)

### **3.5 Acidez titulável**

Na Tabela 7 estão demonstrados os resultados da acidez titulável de grãos crus e torrados das 10 amostras de café. Os valores de acidez titulável diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, tanto para os grãos crus quanto para os torrados.

**TABELA 7** Valores de acidez titulável (mL de NaOH 0,1 N/100 g) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafês especiais.

<b>Amostra</b>	<b>Cru</b>	<b>Torrado</b>
<b>a</b>	179,16 <sup>Bb</sup>	291,66 <sup>Aa</sup>
<b>b</b>	208,33 <sup>Bab</sup>	254,16 <sup>Ab</sup>
<b>c</b>	187,50 <sup>Bb</sup>	287,50 <sup>Aa</sup>
<b>d</b>	191,66 <sup>Bb</sup>	275,00 <sup>Aab</sup>
<b>e</b>	187,50 <sup>Bb</sup>	287,50 <sup>Aa</sup>
<b>f</b>	195,83 <sup>Bab</sup>	254,16 <sup>Ab</sup>
<b>g</b>	225,00 <sup>Ba</sup>	270,83 <sup>Aab</sup>
<b>h</b>	187,50 <sup>Bb</sup>	270,83 <sup>Aab</sup>
<b>i</b>	200,00 <sup>Bab</sup>	279,16 <sup>Aab</sup>
<b>j</b>	200,00 <sup>Bab</sup>	275,00 <sup>Aab</sup>

CV(%) 7,15

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores de acidez titulável nos grãos crus encontrados na literatura são 212,2 mL NaOH/100 g a 284,5 mL NaOH/100 g de amostra (Carvalho et al., 1994). As médias observadas neste estudo foram inferiores a essa faixa, em algumas amostras. A intensidade da acidez varia, predominantemente, em função das condições climáticas durante a colheita e a secagem, do local de origem, do tipo de processamento e do estágio de maturação dos frutos (Leite, 1991; Pimenta, 1995). As regiões produtoras de cafês de alta qualidade, como a região do Sul de Minas, geralmente, apresentam baixos valores de acidez (Carvalho et al., 1994; Souza et al., 1996). Os valores de acidez titulável encontrados neste trabalho indicam que os processos de condução da lavoura e pós-colheita foram bem conduzidos, impedindo a formação de ácidos indesejáveis nos processos fermentativos (Carvalho, 1998).

As amostras a e c, que se destacaram nas notas finais na análise sensorial, situaram-se entre as amostras com os menores valores de acidez

titulável nos grãos crus. Nas demais amostras, observa-se diferença significativa entre elas, porém, não foi possível correlacioná-la com a qualidade da bebida. Acredita-se que os fatores inerentes aos procedimentos de cada propriedade possam interferir nesses resultados.

Analisando-se a acidez titulável nos cafés torrados observa-se que as amostras apresentaram diferenças significativas. Em todas elas houve um aumento dos valores da acidez titulável após o processo de torração. A amostra a, que recebeu a maior nota, numericamente, no atributo acidez na análise sensorial, situou-se entre aquelas com os maiores valores de acidez titulável. Esse aumento deve-se à formação de ácidos durante a torração. A concentração de ácidos voláteis chega ao máximo com a torração média e decresce com o aumento da torração, devido à volatilização. Nas torras mais severas, a degradação dos ácidos clorogênicos também contribui para a diminuição da acidez (Clifford, 1985). A elevação diferenciada da acidez entre as amostras deve-se, possivelmente, à formação de compostos relacionados com a acidez em diferentes proporções, ressaltando que ela pode ter um efeito benéfico ou indesejável na análise sensorial, dependendo dos ácidos presentes e das concentrações dos mesmos. Vários ácidos já foram estudados no café torrado, mas é difícil estabelecer qual deles seria o responsável pela acidez percebida na bebida. Os ácidos cítrico, málico e acético são considerados os mais importantes para a acidez, devido aos seus baixos valores  $pK_a$  e às maiores concentrações. O ácido fosfórico foi relatado como um dos principais contribuintes para acidez, porém, outros autores afirmam que o ácido fosfórico poderá contribuir, mas não está diretamente relacionado à percepção da acidez na bebida (Salva & Lima, 2007; Coffee Research, 2008).

### 3.6 pH

Os valores de pH, descritos Tabela 8, diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) nas amostras de café cru e torrado. Após a torração, houve redução nos valores de pH, devido, possivelmente, a uma maior formação de ácidos durante a torração.

**TABELA 8** Valores médios de pH em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais

Amostra	Cru	Torrado
a	5,82Ac	4,97Bd
b	5,88Abc	5,15Bbc
c	5,91Aabc	5,10Bcd
d	6,00Aab	5,24Bab
e	5,97Aab	5,14Bbc
f	5,90Abc	5,28B;a
g	6,04Aa	5,21Babc
h	6,00Aab	5,20Babc
i	5,97Aab	5,20Babc
j	5,94Aabc	5,25Bab

CV(%) 1,30

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Após a torração, houve redução nos valores de pH, devido, possivelmente, a uma maior formação de ácidos durante o processo. Os valores encontrados nos grãos torrados estão de acordo com os estabelecidos por Sivetz & Derosier (1979), de 4,9 a 5,1 ( $\pm 0,2$ ).

As variações do pH com a torração podem ter muita importância na aceitação do produto pelo consumidor; o ideal é que esteja entre 4,95 a 5,20, tornando o café palatável, sem excesso de amargor ou acidez (Fernandes et al.,

2003). Todas as amostras de café torrado analisadas encontraram-se nestes limites.

### 3.7 Sólidos solúveis

Os resultados para sólidos solúveis em grãos de café crus e torrados encontram-se na Tabela 9.

**TABELA 9** Valores médios de sólidos solúveis (g.100g<sup>-1</sup>MS) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais

Amostra	Cru	Torrado
a	39,04 <sup>Aab</sup>	20,61 <sup>Ba</sup>
b	40,52 <sup>Aa</sup>	19,76 <sup>Bab</sup>
c	34,06 <sup>Ac</sup>	18,92 <sup>Bab</sup>
d	40,42 <sup>Aa</sup>	19,76 <sup>Bab</sup>
e	34,77 <sup>Ac</sup>	18,08 <sup>Bab</sup>
f	42,45 <sup>Aa</sup>	18,08 <sup>Bab</sup>
g	35,53 <sup>Abc</sup>	18,92 <sup>Bab</sup>
h	35,63 <sup>Abc</sup>	16,40 <sup>Bb</sup>
i	40,19 <sup>Aa</sup>	17,66 <sup>Bab</sup>
j	36,33 <sup>Abc</sup>	18,08 <sup>Bab</sup>

CV (%) 6,75

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

MS: matéria seca

Os valores de sólidos solúveis diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) nas amostras de grãos crus e torrados. Os valores encontrados nos grãos crus encontram-se próximos determinados por Mendonça (2004), que foram de 38,19% a 43,89%.

A fração de sólidos solúveis é composta por açúcares, ácidos voláteis e compostos nitrogenados que se encontram solubilizados na água do grão. São

compostos importantes e relacionados à formação do corpo da bebida (Sivetz & Desorier, 1979). Após a torração, houve redução nos valores de sólidos solúveis, conforme já relatado por Mendonça et al. (2005). As diminuições no teor de sólidos solúveis é relatada como uma consequência da perda de ácidos orgânicos e da volatilização de alguns compostos durante a torração (Sabbagh & Yokomizo, 1976).

### 3.8 Cinzas

Os resultados dos teores de minerais em grãos de café crus e torrados encontram-se na Tabela 10. Os valores encontrados não diferiram significativamente nas amostras analisadas, tanto nos grãos crus como nos torrados.

**TABELA 10** Valores médios de cinzas ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{MS}$ ) em grãos crus e torrados de 10 amostras de cafés especiais

<b>Amostra</b>	<b>Cru</b>	<b>Torrado</b>
<b>a</b>	3,66Aa	4,66Ba
<b>b</b>	3,51Aa	4,48Ba
<b>c</b>	3,56Aa	4,08Ba
<b>d</b>	3,57Aa	4,79Ba
<b>e</b>	3,59Aa	4,55Ba
<b>f</b>	3,38Aa	4,49Ba
<b>g</b>	3,29Aa	4,43Ba
<b>h</b>	3,10Aa	4,26Ba
<b>i</b>	3,20Aa	4,10Ba
<b>j</b>	3,10Aa	4,48Ba

CV(%) 9,89

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
MS: matéria seca.

Os valores de cinzas informam apenas os valores totais da matéria mineral presente nos grãos, porém, não informa quais minerais estão presentes. Durante o processo de torração, os minerais são separados dos compostos orgânicos e catalisam as reações de pirólise (Carvalho, 1998).

## 4 CONCLUSÃO

As amostras de cafés especiais apresentaram diferenças significativas em todas as variáveis analisadas, com exceção do resíduo mineral fixo nos grãos crus e torrados e açúcares totais e não redutores nos grãos torrados.

A torração promoveu um decréscimo nos valores de açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, proteínas, ácidos clorogênicos totais, pH, sólidos solúveis totais e cinzas e um aumento nos valores de lipídios e acidez titulável.

A amostra a encontrou-se entre as que apresentaram os maiores valores de acidez titulável nos grãos torrados, o que é coerente com a análise sensorial, que atribuiu a maior nota, numericamente, do atributo acidez a essa amostra.

Todos os resultados encontrados nas análises químicas realizadas nos grãos crus e torrados estão de acordo com os encontrados, na literatura, para cafés de qualidade superior.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A.T.E.; FAZUOLI, L.C.; SALVA, T.J.G.; FAVARIN, J.L. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.577-582, out./dez. 2005.
- BARRIOS, B.B.E. **Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de cafés (*Coffea arabica* L.) da região Alto Rio Grande – Sul de Minas Gerais**, 2001. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, V.D. **Qualidade do café**.1998.53p. Especialização (Curso de “Lato Sensu” à distância: Cafeicultura empresarial: Produtividade e Qualidade) – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar. 1994.
- CASAL, S.; MENDES, E. OLIVEIRA, M.B.P.P.; FERREIRA, M.A. Roast effects on coffee amino acid enantiomers. **Food chemistry**, Oxford, v.89, n.3, p.333-340, Feb. 2005.
- CLIFFORD, M.D. The composition of green and roasted coffee beans. Part 1. **Process Biochemistry**, London, v.10, n.2, p.20-29, Mar. 1975.
- COFFEE RESEARCH. **Coffee chemistry**: coffee acidity. Disponível em: <<http://www.coffeeresearch.org>>. Acesso em: out. 2008.
- FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal Plant of Physiology**, Londrina, v.18, n.1, p.23-26, Jan./Mar. 2006.
- FARAH, A.; PAULIS, T.; TRUGO, L.C.; MARTIN, P.R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and food chemistry**, Washington, v.53, n.5, Mar. 2005.
- FELDMAN, J.R.; RYDER, W.S; KUNG, T. Importance of Nonvolatile Compounds to the Flavor of Coffee.**Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.17, n.4, p. 733, 1969.

FERNANDES, S.M.; PEREIRA, R.G.F.A; PINTO, N.A.V.D.; NERY, M.C.; PÁDUA, F.R.M. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafês arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1076-1081, 2003.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais...São Carlos: UFSCar. 2000. p. 225-258.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry.** Chichester: J. Wiley, 2002. 424p.

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

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality.** 3.ed. San Diego: Academic, 1998. 253p.

LAGO, R.C.A. Lipídios em grãos de café. Boletim. CEPPA, Curitiba, v.19, n.2, p.319-340, 2001.

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*).**1991. 135p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LERCKER, G.; CABONI, M.F.; BERTACCO, G.; TURCHETTO, E.; LUCCI, A.; BORTOLOMEAZZI, R.; PAGANI, E.; FREGA, N.; BOCCI, F. La frazione lipidica del caffè. Nota 1: Influenza della torrefazione e della decaffeinizzazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v.35, n.11, p.1186-1193, 1996.

MARTINS, M.C.C.; SILVA, C.O. Carboidratos na bebida do café preparado sob diferentes processos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.2, p.382-386, abr./jun. 2005.

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

MENDONÇA, L.M.V.L.; PEREIRA, 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, v.25, n.2, p.239-243, abr./jun. 2005.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.195-203, maio/jun. 2000.

MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M.; ANJOS, V.D.A., MORI, E.E.M.; MATTOSO, L.H.C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C.J.F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de *blends* de café arábica com café canephora (robusta). **Brazilian journal of food technology**, Campinas, v.10, n.4, p.271-277, 2007.

NASCIMENTO, E. A.; AQUINO, F.J.T.; NASCIMENTO, P.M.; CHANG, R.; MORAIS, S.A.L. Composição química do café conillon em diferentes graus de torração. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v.16, n.1/2, p.17-21, 2007.

PÁDUA, F.R.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; LOPES, L.M.V; MELO, W.C.; MORAIS, A.R.D.E. Avaliação sensorial e da composição química, durante o armazenamento do café torrado e moído. **Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café**, Viçosa, MG, v.5, p.15-21, 2002.

PEREIRA, R.G.F.A. **Tecnologia e qualidade de café, raízes e tubérculos**. 2003. 54p. Especialização (Pós-graduação “Lato Sensu” à distância: Tecnologia e Qualidade de Alimentos Vegetais) – Fundação de apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

PINTO, N.A.V.D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. 2002. 92p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

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

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, v.7, p.147-161, 1976.

SALVA, T.J.G; LIMA, V. B. Composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v.59, n.1, p.57-59, 2007

SCHENKER, S.; HANDSCHIN, S.; FREY, B.; PERREN, R.; ESCHER, F. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.3, p.452-557, May/June 2000.

SCHMIDT, C.A.P.; MIGLIORANZA, E.; PRUDÊNCIO, S.H. Interação da torra e moagem do café na preferência do consumidor do oeste do paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1111-1116, jul./dez. 2008.

SILVA, E.B. **Potássio para o cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto**. 1995. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, R.F.; PEREIRA, R.G.F.A.; BORÉM, F.M.; MUNIZ, J.A. Qualidade do café-cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.6, p.1367-1375, nov./dez. 2004.

SIVETZ, M. **Chemical properties of coffee**. Coffee Processing Technology, Westport, v.2, p.162-186, 1963.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee technology**, Westport: Avi, 1979. 716 p.

SOUZA, S.M.C. **O café (*Coffea arabica* L) na região sul de Minas Gerais: relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos**. Lavras.1996. 171p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TRUGO, L.C.; MACRAE, R. An investigation of coffee roasting using high performance liquid chromatography. **Food Chemistry**, Oxford, v.19, n.1 p.1-9, 1986.

VIDAL, H. M. **Composição lipídica e a qualidade do café (*Coffea arabica* L) durmazrante o armazenamento**. 2001. 93f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

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

VIEIRA, G.; SILVA, J.N.; VILELA, E. R.; SOUZA E SILVA, J. 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, v.3, n.1/2, p.75-90, 2001.

## **CAPÍTULO 4**

### **CONSTITUINTES VOLÁTEIS PRESENTES NOS GRÃOS TORRADOS E MOÍDOS DE CAFÉS ESPECIAIS**

## RESUMO

RODARTE, Mirian Pereira. Constituintes voláteis presentes nos grãos torrados e moídos de cafés especiais. In: **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. Cap.4, p.100-147. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras<sup>1</sup>.

Foram identificados os componentes voláteis de amostras de cafés especiais (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor, obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado e natural, da safra 2007, do estado de Minas Gerais. As amostras foram torradas no ponto de torração médio, com monitoramento dos parâmetros tempo, temperatura e cor dos grãos. Os voláteis foram extraídos por *headspace* e fibras adsorventes (SPME). A identificação dos voláteis foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de componentes principais. A maioria dos compostos com identificação provável foi encontrada em todas as amostras, porém, em concentrações (áreas) diferentes. As classes de compostos químicos com maior número de identificações prováveis e maiores valores de concentrações (áreas) foram furanos, pirazinas e cetonas. Os compostos voláteis correlacionados às amostras foram 3-metil-piridina; n-etil-benzenamina; 1-(2-furânil)-1-propanona; 2,4,6-tris (1,1-dimetiletil)-4-metil-ciclohexa-2,5-dien-1-ona; 4-vinil-guaiacol; 1-(1-metil-1-pirrol-2-il)-etanona, 3,4-dihidroxi-acetofenona, 4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona; 2-ciclohexen-1-ona e 2-metil-5-propil-pirazina (2-metil-6-propil-pirazina). Na análise de componentes principais, as amostras tendem a se agrupar aproximadamente na mesma sequência das notas finais obtidas na análise sensorial. Houve correlação positiva entre o número de componentes voláteis e as amostras com maior pontuação na análise sensorial. Efeito inverso ocorreu com relação às amostras de cafés especiais que obtiveram as menores pontuações finais na análise sensorial.

**Palavras chave:** café, voláteis, cromatografia, qualidade

<sup>1</sup> Comitê de Orientação: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Orientadora); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-orientadores)

## ABSTRACT

RODARTE, Mirian Pereira. Volatile constituents presented in the roast and grind of special coffees. In: \_\_\_\_ **Sensory and chemical analysis and volatile constituents profile of the special coffees**. 2008. Cap.4, p. 100-147. Thesis (Doctorate in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras\*.

The volatile constituents of the special coffees samples (*Coffea arabica* L.) type 2 to better peeled cherry and natural pre-process from the season 2007 in Minas Gerais state were identified. The samples were roasted in medium roasting degree monitoring the parameters of time, temperature and color of the grains. The volatile components were obtained through *headspace* and absorbent fibers (SPME). The identification of the volatile components was made through gas chromatography together with mass spectrometry. The results were submitted to the analysis of the main components. Most of the volatile components with probable identification were found in all the samples, although in different concentrations (ranges). The chemical compounds strains which the highest number of probable identifications and the highest concentrations (ranges) values were furans, pyrazines and ketones. Volatiles constituents consistent with samples were pyridine-3-methyl; benzenamine, N-ethyl; 1-propanone, (1-(2-furanyl); 2,4,6-tris-(1,1-dimethylethyl)-4-methylcyclohexa-2,5-dien-1-one; 4-vinyl-guaiacol; ethanone, 1(1-methyl-1-pyrrol-2-yl); 3,4-dihydroxyacetophenone; 4-ethyl-2-hydroxy-2-cyclopenten-1-one; 2-cyclohexen-1-one; pyrazine, 2-methyl-5-propyl (pyrazine, 2-methyl-6-propyl). Main components analysis the samples tend to arrange in the same sequence of final scores in sensory analysis. Positive correlation was observed among volatiles constituents numbers and samples with highest scores in sensory analysis. Inverse effect was observed among the special coffees with lowest final scores in the sensory analysis.

**Key words:** coffee, volatile, chromatography, quality.

---

\* Guidance Committee: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – UFLA (Adviser); Dr. Eric Batista Ferreira – UNIFAL; Dr. Eduardo Alves – UFLA (Co-advisers).

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de torração dos grãos de café proporciona a formação de uma complexa mistura de componentes sensoriais que caracterizam a bebida tanto com relação ao aroma como quanto ao sabor. As diferenças sensoriais são decorrentes das diferenças da composição química do café torrado, que está diretamente relacionada aos compostos presentes nos grãos crus. A percepção sensorial da bebida do café não é determinada exclusivamente pela composição do aroma, mas também por componentes importantes para o sabor, como ácidos e lipídios, além do conteúdo de sólidos da bebida, que contribui para o atributo corpo (Sckenker, 2000). No entanto, dos atributos fundamentais para a bebida, o aroma é, sem dúvida, o mais complexo e interessante.

O aroma é responsável por 70% a 75% da resposta global do sabor, ficando a porcentagem remanescente para o gosto (De Maria et al., 1999; Speer et al., 2004). Não existe um único composto de impacto e sim um conjunto de diversos compostos que conferem um aroma especial revelador da matéria-prima, do grau de torração e da forma de extração da bebida. Pequenas variações nas concentrações de alguns dos vários voláteis do café podem causar sensíveis mudanças na percepção do aroma. Os compostos heterocíclicos (furanos, pirróis, oxazóis, tiazóis, tiofenos, pirazinas e piridinas) fazem parte da maioria dos compostos já identificados e suas características sensoriais são citadas entre os principais atributos do aroma do café (De Maria et al, 1999; Flament, 2002; Mendes, 2005).

O café é uma das bebidas que apresentam o maior número de componentes voláteis. Estima-se que aproximadamente mil componentes já tenham detectados e novos ainda serão identificados (Moreira et al., 2000). As técnicas de isolamento e identificação de voláteis são seletivas, de maneira que alguns compostos são mais favorecidos que outros, condição que torna

impossível isolar todos os compostos, quantitativamente, por meio de uma única técnica (Bassoli, 2006).

Embora exista um grande número de componentes voláteis, a resposta da percepção sensorial pode ficar restrita a um número menor de compostos que apresentam características necessárias e importantes para essa avaliação, sendo estes os compostos que caracterizam o produto. Sendo assim, nem todos os componentes impressionam o olfato, pois a qualidade do aroma depende de grupamentos químicos presentes na molécula e da concentração do composto, podendo representar diversas respostas sensoriais. Essa complexidade torna-se ainda maior se forem consideradas as interações sinérgicas ou antagônicas entre os compostos (Flament, 2002; Bassoli, 2006).

Vários fatores contribuem para a determinação do perfil volátil do café, como as espécies, as regiões produtoras, os processamentos pós-colheita e os parâmetros utilizados na torração. Atualmente, as pesquisas realizadas visam correlacionar esses fatores com a composição volátil do café (Sanz et al., 2002; Lyman et al., 2003; Nascimento et al., 2003; Bassoli, 2006; González-Rios et al., 2007; Baggenstoss et al., 2008). No entanto, os estudos de composição volátil do café torrado e moído direcionados aos cafés especiais são escassos, possivelmente devido à recente expansão desse mercado.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de diferenciar, pela constituição volátil, amostras de cafés especiais produzidos no estado de Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-prima e locais de execução

Foram utilizadas, neste experimento, 10 amostras de café (*Coffea arabica* L.) tipo 2 para melhor, obtidas pelos pré-processamentos cereja descascado (amostras a, c, e, h) e natural (amostras b, d, f, g, i, j), da safra 2007, do estado de Minas Gerais. As amostras utilizadas foram selecionadas de um total de 1.162, de diversas regiões do estado de Minas Gerais. Inicialmente, todas foram classificadas por tipo, peneira e umidade, selecionando-se apenas as que apresentaram tipo 2 para melhor, peneira 16 acima, com vazamento máximo de 5% e umidade máxima de 11,5%.

Pela avaliação física, foram selecionadas 746 amostras, sendo 512 naturais e 234 de cereja descascado que, posteriormente, foram classificadas pela análise sensorial, tendo sido utilizadas neste trabalho as que obtiveram as melhores notas: a amostra c da região da Zona da Mata e as demais do Sul de Minas. As análises, física e sensorial, foram realizadas no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Cromatografia Gasosa - Espectrometria de Massas, no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### 2.2 Preparo da amostra

As amostras após pesagem (150g) foram torradas em equipamento Probat BRZ-6, com capacidade para 150 g, no ponto de torração médio, segundo o protocolo da SCAA para cafés especiais. O tempo de torração, a temperatura inicial e a temperatura na massa de grãos foram monitorados durante todo o processo. A temperatura inicial no torrador foi 150°C, a temperatura média final na massa de grãos, 213°C e o tempo médio de torração, 9,26 minutos. A cor do

café torrado foi monitorada usando-se um colorímetro (Chromameter-2 Reflectance, Minolta, Osaka, Japan) acoplado a um processador de dados (OP-300). As amostras torradas foram moídas na granulometria de 20 *mesh*.

Todo o processo foi realizado em duplicata para cada amostra.

### **2.3 Metodologia de coleta dos compostos voláteis**

A fibra SPME Carboxen/Polidimetilsiloxano (CAR/PDMS) 75  $\mu\text{m}$  (Supelco 57324U) foi utilizada para a extração dos voláteis do *headspace* das amostras de café torrado e moído. Antes do uso, a fibra foi condicionada de acordo com as recomendações do fabricante. Foram utilizadas 4,5 g de amostra de café torrado e moído nos frascos de microrreação. Antes da exposição da fibra, foi realizado um aquecimento da amostra, a 70°C, por 10 minutos. A seguir, a fibra SPME foi exposta, por 40 minutos, ao *headspace*, a 70°C, nos frascos de microrreação. Após esse período, a fibra foi inserida no injetor do cromatógrafo para a dessorção dos voláteis coletados por 10 minutos, a 250°C.

### **2.4 Metodologia da análise cromatográfica**

As análises cromatográficas foram realizadas em duplicata em um cromatógrafo a gás (Trace CG ultra) acoplado a um espectrômetro de massas (Polaris Q) da ThermoElectron (San Jose, EUA). Foi utilizada a coluna capilar HP-5MS 30m x 0,25 mm (diâmetro interno) x 0,25  $\mu\text{m}$  (espessura filme), utilizando-se gás hélio como gás de arraste e injeções em modo *splitless*. A rampa de temperatura utilizada no cromatógrafo foi 40°C; 5 min; 2,5°C/min; 125°C; 10°C/min; 245°C, 3 min. O programa utilizado para a obtenção dos cromatogramas e espectros de massa foi o Xcalibur 1.4. da Thermo Electron Corporation (USA). A identificação dos compostos foi realizada com base nos espectros de massas obtidos com ionização por elétrons a 70 eV, numa faixa de  $m/z$  50-650. Para a identificação dos compostos, foram selecionados os picos

presentes nos cromatogramas que apresentaram relação S/N (sinal/ruído) maior que 50. A identificação dos picos foi realizada pela comparação do espectro de massas obtido com o da biblioteca NIST MS Search 2.0, considerando um nível de similaridade (RSI) maior que 700.

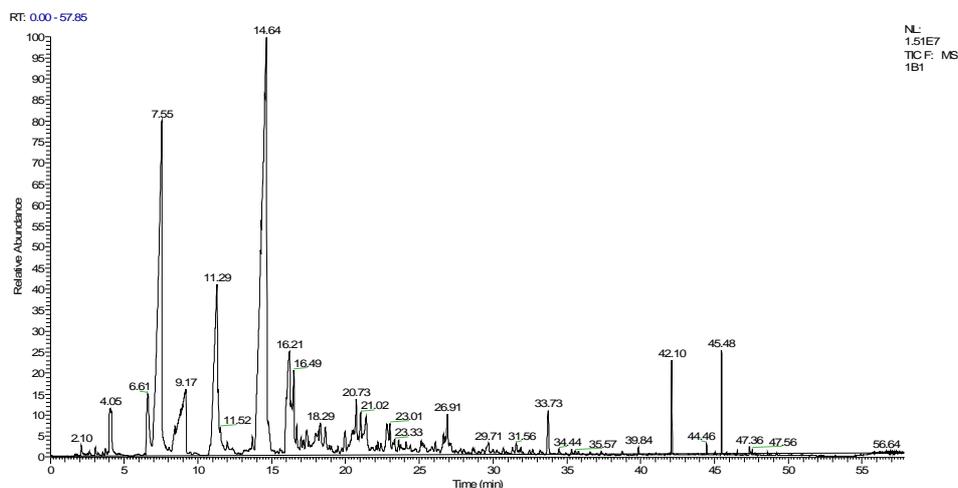
### **2.5 Análise estatística**

As áreas referentes aos compostos identificados nas amostras de café torrado e moído foram submetidas à análise de variância e os dados comparados pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Mead & Curnow, 1983) e à análise de componentes principais (Ferreira, 2008).

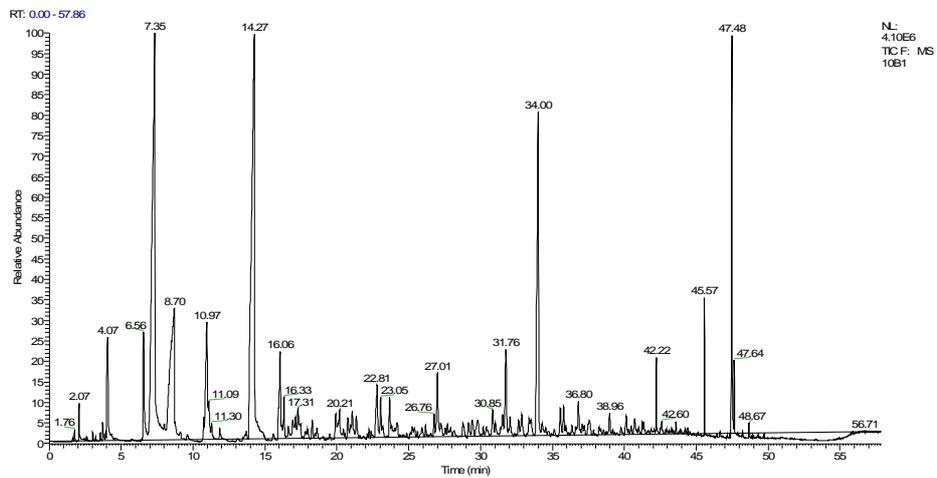
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 ilustram os cromatogramas típicos encontrados para as amostras de café torrado e moído, nas condições experimentais utilizadas. Nas figuras 3,4 e 5 estão demonstrados os espectros de massas de alguns compostos que apresentaram valores de RSI significativos.

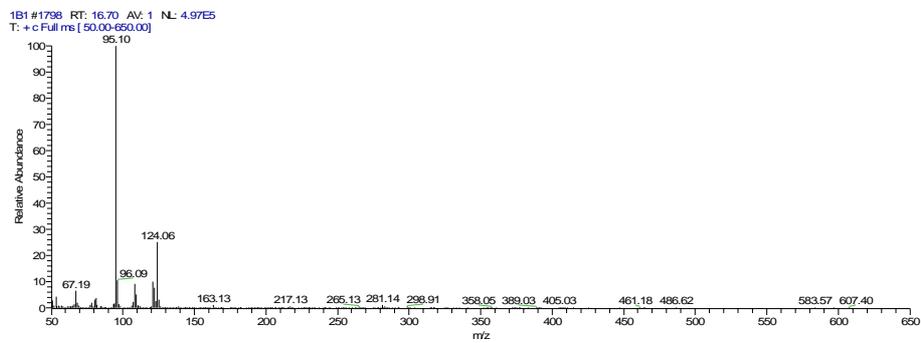
A tentativa de identificação dos compostos foi realizada considerando um nível de similaridade (RSI) acima de 700. O RSI é um fator inverso de comparação que ignora os picos desconhecidos que não estão na biblioteca de espectros. Segundo as instruções do programa utilizado, um RSI de 700-800 é considerado razoável; de 800-900, bom e, acima de 900, excelente. Os compostos assinalados com \* são aqueles com identificação provável em todas as amostras.



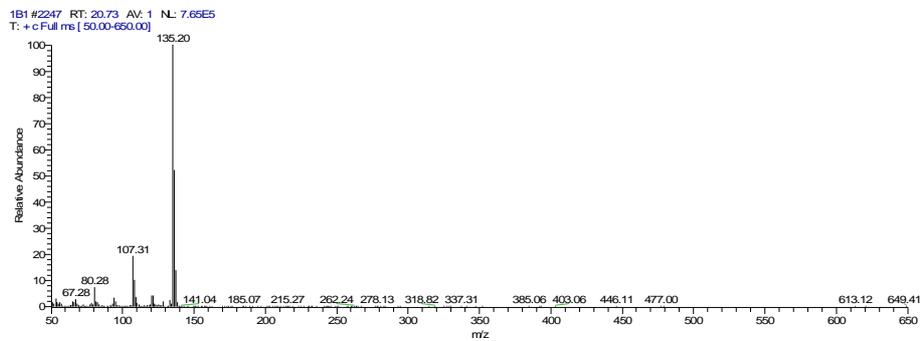
**FIGURA 1** Cromatograma do *headspace* da amostra a de café torrado e moído.



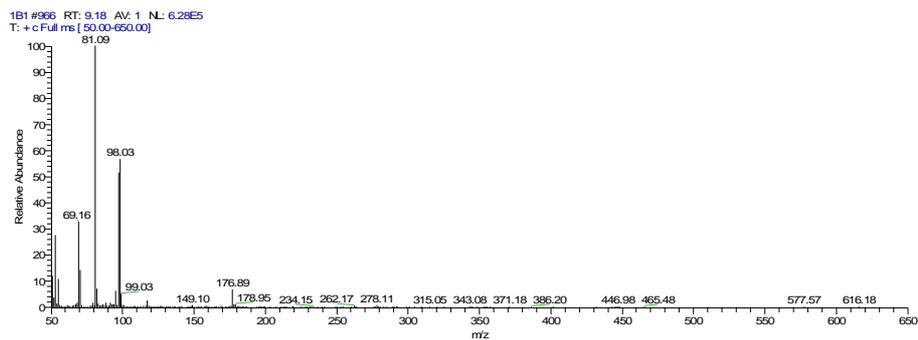
**FIGURA 2** Cromatograma do *headspace* da amostra j de café torrado e moído.



**FIGURA 3** Espectro de massas do composto 1-(2-furanyl)-1-propanona.



**FIGURA 4** Espectro de massas do composto 3-etil-2,5-dimetil-pirazina.



**FIGURA 5** Espectro de massas do composto furil-2-metanol.

Os resultados dos compostos voláteis provavelmente identificados nas 10 amostras de cafés especiais podem ser vistos na Tabela 1.

**TABELA 1** Tentativa de identificação de compostos voláteis nos *headspaces* das amostras de café torrado e moído.

AM	TR (min)	Composto	RSI	<i>m/z</i> (%)
a	2,11	3-metil-furano*	845	81(100), 82(62), 53(45)
a	3,23	2,5-dimetil-furano	834	95(100), 96(68), 53(42)
a	3,74	pirazina*	824	80(100), 53(53), 52(28)
a	4,10	piridina*	827	79(100), 52(55), 51(38)
a	6,62	2-metil-pirimidina*	818	94(100), 67(46), 95(33)
a	7,53	2-furaldeído* 3-furaldeído	720	95(100), 97(29), 96(19)
a	9,07	furil-2-metanol*	832	81(100), 98(60), 97(55)
a	9,77	ciclohex-2-en-1-ona	845	68(100), 96(52)
a	10,79	furfuril-formato	782	81(100), 53(64), 126(45)
a	14,60	5-metil-2-furancarboxaldeído*	749	109(100), 111(47), 110(39)
a	16,47	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	810	108(100), 109(41), 80(36)
a	16,69	1-(2-furanyl)-1-propanona*	907	95(100), 124(26), 96(12)
a	17,32	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona*	786	94(100), 80(88), 123(32)
a	19,97	2-etil-5-metil-furano*	837	95(100), 110(12)
a	20,73	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	794	135(100), 136(54), 107(18)
a	21,39	p-guaiacol*	825	109(100), 124(98), 81(96)
a	22,39	1-ciclopenteno-1-ácido carboxílico	821	67(100), 112(52), 65(30)
a	23,00	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	712	108(100), 136(34), 93(32)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
a	23,62	n-etil-benzenamina*	817	106(100), 121(43), 77(32)
a	26,67	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	779	81(100), 147(82), 153(47)
a	29,91	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one*	871	97(100), 69(67), 126(19)
a	31,60	3,4-dihidroxiacetofenona*	775	137(100), 152(64), 81(25)
a	31,89	4-etil-guaiacol*	851	137(100), 152(46)
a	33,73	4-vinil-guaiacol*	859	150(100), 135(70), 107(47)
a	34,46	5-etil-2-metil-piridina	771	121(100), 106(81), 77(64)
a	35,80	3-metil-5-propil-piridina	817	106(100), 135(25), 77(24)
a	36,62	3,4-dimetoxi-estireno*	735	164(100), 91(52), 149(46)
a	38,78	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	809	81(100), 175(41), 53(30)
a	42,11	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	907	205(100), 177(40), 220(35)
a	47,38	cafeína*	781	194(100), 193(40), 55(23)
b	2,10	3-metil-furano*	854	81(100), 82(63), 53(44)
b	3,24	2,5-dimetil-furano	852	95(100), 96(74), 53(38)
b	3,73	pirazina*	853	80(100), 53(50), 52(28)
b	4,06	piridina*	811	79(100), 52(55), 51(33)
b	6,39	3-metil-piridina	819	93(100), 65(48), 66(46)
b	6,62	2-metil-pirimidina*	805	94(100), 67(49), 95(41)
b	7,41	2-furaldeído*	737	95(100), 97(24), 96(22)
		3-furaldeído		

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
b	9,07	furil-2-metanol*	827	81(100), 98(60), 97(60)
b	9,73	ciclohex-2-en-1-ona	855	68(100), 96(50)
b	10,80	furfuril-formato	802	81(100), 53(56), 126(35)
b	14,60	5-metil-2-furancarboxaldeído*	749	109(100), 110(42), 111(41)
b	16,48	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	819	108(100), 109(40), 80(31)
b	16,70	1-(2-furanil)-1-propanona*	908	95(100), 124(28), 96(11)
b	17,36	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona *	791	94(100); 80(79); 52(35)
b	17,64	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	748	94(100), 95(55), 66(25)
b	20,03	2-etil-5-metil-furano*	838	95(100), 110(12)
b	20,73	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	810	135(100), 136(50), 107(17)
b	21,44	p-guaiacol*	838	109(100), 124(96), 81(89)
b	21,87	2-metil-6-(1-propenil)-pirazina	792	133(100), 134(32)
b	22,50	1-ciclopenteno-1-ácido carboxílico	794	67(100), 112(51), 65(58)
b	23,05	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	716	108(100), 136(28), 94(27)
b	23,70	n-etil-benzenamina*	835	106(100), 121(44), 77(29)
b	25,97	2-heptil-furano	726	81(100), 166(39) 53(32)
b	26,76	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	803	81(100), 147(86) 53(48)
b	29,85	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	872	97(100), 69(67), 126(18)
b	31,72	3,4-dihidroxiacetofenona*	787	137(100), 152(62), 81(39)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
b	31,97	4-etil-guaiacol*	867	137(100), 152(46)
b	33,73	4-vinil-guaiacol*	859	150(100), 135(68), 107(48)
b	34,49	5-etil-2-metil-piridina	772	121(100), 106(78), 77(74)
b	35,85	3-metil-5-propil-piridina	811	106(100), 135(82), 77(64)
b	36,72	3,4-dimetoxi-estireno*	786	164(100), 91(48), 149(41)
b	37,00	2,4-dihidroxi-propiofenona	815	137(100), 166(40)
b	38,90	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	812	81(100), 175(42), 53(28)
b	42,19	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	909	205(100), 177(37), 220(36)
b	47,42	cafeína*	793	194(100), 193(40), 55(22)
c	2,08	3-metil-furano*	843	81(100), 82(63), 53(43)
c	3,71	pirazina*	861	80(100); 53(49); 52(25)
c	4,02	piridina*	846	79(100), 52(58), 51(38)
c	6,59	2-metil-pirimidina*	832	94(100), 67(44), 95(34)
c	7,46	2-furaldeído*	731	95(100), 97(26), 96(19)
		3-furaldeído		
c	8,77	fúril-2-metanol*	840	81(100); 97(70), 98(64)
c	9,70	ciclohex-2-en-1-ona	845	68(100), 96(51)
c	10,72	furfúril-formato	808	81(100), 53(60), 126(41)
c	14,51	5-metil-2-furancarboxaldeído*	766	109(100), 110(46), 111(44)
c	15,76	fenol	813	94(100), 66(58), 65(40)

Continuação da Tabela 1

AM	TR (min)	Composto	RSI	m/z (%)
c	16,40	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	830	108(100), 109(42), 80(31)
c	16,65	1-(2-furanil)-1-propanona*	926	95(100), 124(28), 96(10)
c	17,37	1,5-dimetil-2(1H)piridinona*	791	94(100), 80(96), 123(36)
c	17,83	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	823	94(100), 95(62), 66(33)
c	19,98	2-etil-5-metil-furano*	857	95(100), 110(12)
c	20,79	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	797	135(100), 136(54), 107(18)
c	21,40	p-guaiacol*	826	109(100), 124(94), 81(81)
c	21,87	2-metil-6-(1-propenil)-pirazina	811	133(100), 134(28)
c	23,05	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	729	108(100), 136(30), 93(30)
c	23,73	n-etil-benzenamina*	822	106(100), 121(42), 77(29)
c	25,91	2-heptil-furano	726	81(100), 166(43), 53(34)
c	26,73	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	774	81(100), 147(86), 53(42)
c	29,86	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	865	97(100), 69(64), 126(18)
c	31,73	3,4-dihidroxiacetofenona*	820	137(100), 152(66), 81(48)
c	32,00	4-etil-guaiacol*	852	137(100), 152(46)
c	33,88	4-vinil-guaiacol*	862	150(100), 135(64), 107(44)
c	36,72	3,4-dimetoxi-estireno*	767	164(100), 91(48), 149(44)
c	38,90	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	812	81(100), 175(43), 53(29)
c	42,11	2,4,6-tris(1,1dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	914	205(100), 177(43), 220(34)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
c	47,42	cafeína*	788	194(100), 193(38), 55(23)
d	2,08	3-metil-furano*	835	81(100), 82(68), 53(43)
d	3,24	2,5-dimetil-furano	834	95(100) 96(76), 53(37)
d	3,72	pirazina*	866	80(100), 53(50), 52(26)
d	4,10	piridina*	842	79(100), 52(53), 51(35)
d	6,59	2-metil-pirimidina*	806	94(100), 67(47), 95(42)
d	7,46	2-furaldeído* 3-furaldeído	715	95(100), 97(28), 96(20)
d	8,91	furil-2-metanol*	825	81(100), 98(62), 97(58)
d	9,71	ciclohex-2-en-1-ona	833	68(100), 96(52)
d	10,80	furfuril-formato	826	81(100), 53(56), 126(42)
d	14,47	5-metil-2-furancarboxaldeído*	757	109(100), 110(43), 111(41)
d	15,78	fenol	828	94(100), 66(64), 65(44)
d	15,97	2-etil-6-metil-pirazina	798	121(100), 122(34), 94(12)
d	16,41	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	842	108(100), 109(41), 80(31)
d	16,67	1-(2-furanyl)-1-propanona*	927	95(100), 124(26), 96(11)
d	17,33	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona *	792	94(100), 80(93), 123(34)
d	17,73	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	815	94(100), 95(61), 66(33)
d	19,98	2-etil-5-metil-furano*	880	95(100), 110 (12)
d	20,76	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	834	135(100), 136(50), 107(18)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z</b>
d	21,40	p-guaiacol*	829	109(100), 124(98), 81(91)
d	21,89	2-metil-6-(1-propenil)-pirazina	807	133(100), 134(25)
d	22,47	1-ciclopenteno-1-ácido-carboxílico	828	67(100), 112(52), 65(30)
d	23,30	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	722	108(100), 136(32), 93(31)
d	23,67	n-etil-benzenamina*	808	106(100), 121(38), 77(32)
d	25,93	2-heptil-furano	731	81(100), 166(42), 53(33)
d	20,06	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	769	81(100), 147(81), 53(43)
d	29,80	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	877	97(100), 69(66), 126(18)
d	31,69	3,4-dihidroxiacetofenona*	808	137(100), 152(69), 81(21)
d	32,01	4-etil-guaiacol*	852	137(100), 152(48)
d	33,87	4-vinil-guaiacol*	859	150(100), 135(65), 107(48)
d	36,73	3,4-dimetoxi-estireno*	777	164(100), 91(48), 149(45)
d	38,90	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	818	81(100), 175(41), 53(28)
d	42,18	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	911	205(100), 177(38), 220(36)
d	47,42	caféina*	796	194(100), 193(39), 55(22)
e	2,07	3-metil-furano*	840	81(100), 82(63), 53(45)
e	3,70	pirazina*	862	80(100), 53(46), 81(14)
e	4,03	piridina*	841	79(100), 52(60), 80(27)
e	6,56	2-metil-pirimidina*	824	94(100), 67(46), 95(33)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
e	7,44	2-furaldeído* 3-furaldeído	716	95(100), 97(27), 96(19)
e	8,73	furil-2-metanol*	835	81(100), 98(62), 97(61)
e	9,67	ciclohex-2-en-1-ona	829	68(100), 96(55)
e	10,75	furfuril-formato	800	81(100), 53(56), 126(41)
e	14,39	5-metil-2-furancarboxaldeído*	769	109(100), 110(44), 111(36)
e	15,61	fenol	793	94(100), 66(62), 65(39)
e	15,92	2-etil-6-metil-pirazina	799	121(100), 122(36), 94(8)
e	16,34	1-metil-1H-pirrol-2- carboxaldeído*	839	108(100), 109(40), 80(32)
e	16,61	1-(2-furanyl)-1-propanona*	924	95(100), 124(25), 96(13)
e	17,34	1,5-dimetil-2-(1H)-piridinona*	795	94(100), 80(89), 123(34)
e	17,73	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	815	94(100), 95(61), 66(31)
e	19,92	2-etil-5-metil-furano*	862	95(100), 110(12)
e	20,41	1-(1-metil-1-H-pirrol-2-il)- etanona	846	108(100), 123(48), 53(42)
e	20,76	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	843	135(100), 136(49), 107(18)
e	21,36	p-guaiacol*	826	109(100), 124(88), 81(82)
e	21,85	2-metil-6-(1-propenil)-pirazina	826	133(100), 134(26)
e	23,03	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	727	108(100), 136(30), 94(27)
e	23,65	n-etil-benzenamina*	839	106(100), 121(35), 77(30)
e	25,92	2-heptil-furano	730	81(100), 166(44), 53(33)

Continuação da Tabela 1

AM	TR (min)	Composto	RSI	m/z (%)
e	26,71	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	769	81(100), 147(85), 53(46)
e	29,85	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	871	97 (100),69(63), 126(18)
e	31,70	3,4-dihidroxiacetofenona*	825	137(100), 152(61), 123(24)
e	32,00	4-etil-guaiacol*	831	137(100), 152(46)
e	33,90	4-vinil-guaiacol*	853	150(100), 135(60), 107(43)
e	36,75	3,4-dimetoxi-estireno*	781	164(100), 91(46), 149(45)
e	37,03	2,4-dihidroxi-propiofenona	813	137(100), 166(42)
e	38,91	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	811	81(100), 175(42), 53(28)
e	42,18	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	910	205(100), 177(36), 220(36)
e	47,48	cafeína*	801	194(100), 193(38), 55(26)
f	2,08	3-metil-furano*	856	81(100), 82(64), 53(44)
f	3,72	pirazina*	835	80(100), 53(47), 52(27)
f	4,03	piridina*	852	79(100), 52(56), 51(37)
f	6,58	2-metil-pirimidina*	807	94(100), 67(42)
f	7,47	2-furaldeído* 3-furaldeído	711	95(100), 97(28), 96(20)
f	8,79	fúril-2-metanol*	829	81(100), 97(66), 98(64)
f	9,70	ciclohex-2-en-1-ona	831	68(100), 96(50)
f	14,32	5-metil-2-furancarboxaldeído*	769	109(100), 110(43) 111(38)
f	15,77	2-etil-6-metil-pirazina	810	121(100), 122(35), 94(8)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
f	16,32	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	840	108(100), 109(41), 80(29)
f	16,60	1-(2-furanyl)-1-propanona*	926	95(100), 124(26), 96(11)
f	17,29	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona *	801	94(100), 80(70); 95(32)
f	17,58	1-H-pirrol-2-carboxaldeido	834	94(100), 95(59), 66(31)
f	19,90	2-etil-5-metil-furano*	862	95(100), 110(12)
f	20,38	1-(1-metil-1-H-pirrol-2-il)-etanona	869	108(100), 123(50), 53(43)
f	20,72	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	839	135(100), 136(50), 107(18)
f	21,31	4-guaiacol*	843	109(100), 124(88), 81(74)
f	21,82	2-metil-6-(1-propenil)-pirazina	810	133(100), 134(26)
f	22,39	1-ciclopenteno-1-ácido-carboxílico	843	67(100), 112(54), 65(30)
f	23,03	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	727	108(100), 136(32),94(28)
f	23,65	n-etil-benzenamina*	839	106(100), 121(35), 77(30)
f	25,86	2-heptil-furano	729	81(100), 166(46), 53(34)
f	26,68	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	766	81(100), 147(96), 53(42)
f	29,92	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	856	97(100), 69(64), 126(19)
f	31,70	3,4-dihidroxiacetofenona*	808	137(100), 152(65), 123(38)
f	31,96	4-etil-guaiacol*	846	137(100), 152(48)
f	33,67	4-vinil-guaiacol*	852	150(100), 135(63), 107(42)
f	36,69	3,4-dimetoxi-estireno*	766	164(100), 91(48), 149(41)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
f	38,89	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	816	81(100), 175(38), 53(28)
f	42,20	2,4,6-tris(1,1dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	910	205(100), 177(40), 220(36)
f	47,41	cafeína*	791	194(100), 193(37), 55(24)
g	2,08	3-metil-furano*	836	81(100), 82(63), 53(44)
g	3,71	pirazina*	851	80(80), 53(50), 52(29)
g	4,05	piridina*	837	79(100), 52(56), 51(34)
g	6,58	2-metil-pirimidina*	814	94(100), 67(42)
g	7,43	2-furaldeído* 3-furaldeído	727	95(100), 97(97), 96(19)
g	8,77	fúril-2-metanol*	800	81(100), 98(64), 97(62)
g	9,68	ciclohex-2-en-1-ona	814	68(100), 96(54)
g	10,78	furfúril-formato	820	81(100), 53(60), 126(44)
g	14,36	5-metil-2-furancarboxaldeído*	775	109(100), 110(44), 111(35)
g	15,62	fenol	792	94(100), 66(58), 65(37)
g	16,33	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	828	108(100), 109(41), 80(29)
g	16,62	1-(2-furanil)-1-propanona*	924	95(100), 124(26), 96(12)
g	17,28	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona *	790	94(100), 80(75),95(34)
g	17,60	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	837	94(100), 95(61), 66(20)
g	19,90	2-etil-5-metil-furano*	840	95(100), 110(12)
g	20,43	1-(1-metil-1-H-pirrol-2-il)-etanona	870	108(100), 123(48),53(40)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
g	20,73	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	845	135(100), 136(51), 107(18)
g	21,35	p-guaiacol*	837	109(100), 124(86), 81(77)
g	22,38	1-ciclopenteno-1-ácido carboxílico	868	67(100), 112(50), 65(26)
g	23,00	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	729	108(100), 136(33), 93(29)
g	23,65	n-etil-benzenamina*	840	106(100), 121(32), 77(31)
g	25,91	2-heptil-furano	734	81(100), 166(46), 53(32)
g	28,75	3-fenil-furano	915	115(100), 144(86)
g	29,81	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	865	97(100), 69(62), 126(20)
g	31,64	3,4-dihidroxiacetofenona*	797	137(100); 152(68); 81(19)
g	32,02	4-etil-guaiacol*	850	137(100), 152(46)
g	33,88	4-vinil-guaiacol*	847	150(100), 135(60), 107(42)
g	36,76	3,4-dimetoxi-estireno*	788	164(100), 91(42), 149(39)
g	37,00	2,4-dihidroxi-propiofenona	815	137(100), 166(45)
g	38,93	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	814	81(100), 175(46), 53(28)
g	42,16	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	915	205(100), 177(36), 220(35)
g	47,42	cafeína*	784	194(100), 193(48), 55(20)
h	2,07	3-metil-furano*	848	81(100), 82(65), 53(44)
h	3,70	pirazina*	850	80(100), 53(48), 52(27)
h	4,04	piridina*	853	79(100), 52(58), 51(37),
h	6,57	2-metil-pirimidina*	791	94(100), 67(44)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z (%)</b>
h	7,40	2-furaldeído* 3-furaldeído	738	95(100), 97(97), 96(21)
h	8,75	furil-2-metanol*	826	81(100), 98(69), 97(66)
h	9,66	ciclohex-2-en-1-ona	831	68(100), 96(54)
h	10,78	furfuril-formato	806	81(100), 53(58), 126(39)
h	14,34	5-metil-2-furancarboxaldeído*	766	109(100) 110(43) 111(35)
h	15,64	fenol	792	94(100), 66(61), 65(38)
h	15,93	2-etil-6-metil-pirazina	806	121(100), 122(34), 94(8)
h	16,33	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	832	108(100), 109(42), 80(30)
h	16,63	1-(2-furanil)-1-propanona*	925	95(100), 124(26), 96(10)
h	17,30	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona *	787	94(100), 80(66)95(29)
h	17,60	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	837	94(100), 95(65), 66(36)
h	19,92	2-etil-5-metil-furano*	842	95 (100), 110(96)
h	20,45	1-(1-metil-1-H-pirrol-2-il)-etanona	862	108(100), 123(49), 53(42)
h	20,74	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	834	135(100), 136(52), 107(18)
h	21,36	4-guaiacol*	829	109(100), 124(88), 81(83)
h	23,03	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	732	108(100), 136(34) 94(34)
h	23,42	n-etil-benzenamina*	844	106(100), 121(32), 77(30)
h	25,91	2-heptil-furano	731	81(100), 166(48) 53(34)

**Continuação da Tabela1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z(%)</b>
h	26,74	1-(2-furanylmetil)-1H-pirrol	767	81(100), 147(90), 53(44)
h	29,88	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	863	97(100), 69(63), 126(20)
h	31,71	3,4-dihidroxiacetofenona*	818	137(100), 152(64), 81(20)
h	32,04	4-etil-guaiacol*	850	137(100), 152(47)
h	33,96	4-vinil-guaiacol*	835	150(100), 135(60), 107(41)
h	36,77	3,4-dimetoxi-estireno*	774	164(100), 91(45), 149(40)
h	38,94	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -furil-metilamina*	804	81(100), 175(45), 53(27)
h	42,20	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	908	205(100), 177(37), 220(36)
h	47,46	cafeína*	805	194(100), 193(38), 55(20)
i	2,08	3-metil-furano*	840	81(100), 82(62), 53(44)
i	3,72	pirazina*	863	80(100), 53(48), 52(26)
i	4,04	piridina*	856	79(100), 52(59), 51(40)
i	6,57	2-metil-pirimidina*	824	94(100), 67(44)
i	7,41	2-furaldeído*	730	95(100), 97(26), 96(22)
i	8,69	3-furaldeído furil-2-metanol*	847	81(100), 98(72), 97(68)
i	9,63	ciclohex-2-en-1-ona	833	68(100), 96(52)
i	14,34	5-metil-2-furancarboxaldeído*	781	109(100), 110(42), 53(34)
i	15,64	fenol	792	94(100), 66(57), 65(41)
i	16,32	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	826	108(100), 109(42), 80(30)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z(%)</b>
i	16,62	1-(2-furanyl)-1-propanona*	926	95(100), 124(28), 96(12)
i	17,31	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona *	801	94(100), 80(62), 95(27)
i	17,62	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	848	94(100), 95(63), 66(30)
i	19,92	2-etil-5-metil-furano*	807	95 (110),110(12)
i	20,51	1-(1-metil-1-H-pirrol-2-il)-etanona	871	108(100), 123(47), 53(43)
i	20,74	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	835	135(100), 136(50), 107(18)
i	21,35	p-guaiacol*	842	109(100), 124(90), 81(88)
i	22,37	1-ciclopenteno-1-ácido carboxílico	870	67(100), 112(51), 65(48)
i	23,06	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	723	108(100), 136(38), 93(32)
i	23,67	n-etil-benzenamina*	847	106(100), 121(31), 77(29)
i	25,91	2-heptil-furano	735	81(100), 166(49), 53(32)
i	26,74	1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol	737	81(100), 147(90), 53(42)
i	28,76	3-fenil-furano	910	115(100), 144(84)
i	29,86	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	877	97(100), 69(62), 81(18)
i	31,73	3,4-dihidroxiacetofenona*	818	137(100), 152(65), 81(17)
i	32,26	4-etil-guaiacol*	852	137(100), 152(45)
i	33,99	4-vinil-guaiacol*	831	150(100), 135(58), 107(38)
i	36,77	3,4-dimetoxi-estireno*	795	164(100), 91(49), 149(40)
i	37,04	2,4-dihidroxi-propiofenona	807	137(100), 166(45)

**Continuação da Tabela 1**

<b>AM</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Composto</b>	<b>RSI</b>	<b>m/z(%)</b>
i	38,94	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fúril-metilamina*	811	81(100), 175(46), 53(28)
i	42,20	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	917	205(100), 177(36), 220(36)
i	47,47	cafeína*	793	194(100), 193(36), 55(22)
j	1,99	3-metil-furano*	833	81(100), 82(62), 53(42)
j	3,64	pirazina*	849	80(100), 53(50)52(29)
j	3,97	piridina*	840	79(100), 52(58), 51(35)
j	6,49	2-metil-pirimidina*	841	94(100), 67(42)
j	7,21	2-furaldeído*	767	95(100), 97(23), 96(22)
j	8,50	3-furaldeído fúril-2-metanol*	845	81(100), 97(70), 98(67)
j	10,70	furfúril-formato	824	81(100), 53(58), 126(42)
j	14,21	5-metil-2-furancarboxaldeído*	777	109(100), 110(43) 53(30)
j	15,57	fenol	789	94(100), 66(60), 65(39)
j	16,39	1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído*	861	108(100), 109(43), 80(28)
j	16,61	1-(2-furanil)-1-propanona*	928	95(100), 124(26), 96(12)
j	17,29	1,5-dimetil-2(1H)-piridinona*	797	94(100), 80(80), 95(37)
j	17,48	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	881	94(100), 95(62) 66(30)
j	19,91	2-etil-5-metil-furano*	776	95(100), 94(20), 110(14)
j	20,75	3-etil-2,5-dimetil-pirazina*	783	135(100), 136(48), 107(15)
j	21,34	p-guaiacol*	841	109(100), 124(89), 81(86)

**Continuação da Tabela 1**

AM	TR (min)	Composto	RSI	m/z(%)
j	22,38	1-ciclopenteno-1-ácido-carboxílico	870	67(100), 112(52), 65(28)
j	23,04	2-metil-6-propil-pirazina* 2-metil-5-propil-pirazina	726	108(100), 136(32), 93(30)
j	23,65	n-etil-benzenamina*	852	106(100), 121(32), 77(30)
j	25,91	2-heptil-furano	735	81(100), 166(46), 53(34)
j	28,76	3-fenil-furano	912	115(100), 144(88)
j	29,77	4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one	877	97(100), 69(68), 126(17)
j	31,72	3,4-dihidroxiacetofenona*	815	137(100), 152(66), 81(27)
j	32,03	4-etil-guaiacol*	858	137(100), 152(48)
j	33,97	4-vinil-guaiacol*	840	150(100), 135(60), 107(36)
j	36,78	3,4-dimetoxi-estireno*	810	164(100), 91(42), 149(39)
j	37,02	2,4-dihidroxi-propiofenona	817	137(100), 166(43)
j	38,95	$\alpha$ -furfurilden- $\alpha$ -fural-metilamina*	803	81(100), 175(45), 53(27)
j	42,21	2,4,6-tris(1,1 dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona*	915	205(100), 177(38), 220(37)
j	47,47	cafeína*	788	194(100), 193(37), 55(20)

Os valores dos tempos de retenção (TR), RSI e m/z correspondem à média obtida nos cromatogramas para cada amostra (AM) analisada.

Os compostos de identificação provável encontrados foram agrupados em classes químicas, para simplificar a comparação das diferentes amostras. Os principais constituintes, em termos de número de compostos e de concentração (área), neste trabalho, são furanos, cetonas e pirazinas. Os furanos são principalmente originados a partir da caramelização dos açúcares, enquanto

cetonas e pirazinas são originadas, principalmente, a partir da reação de Maillard.

Esse mesmo perfil de voláteis majoritários foi também observado em outros trabalhos (González-Rios et al., 2007; Toci & Farah 2008). A maioria dos compostos foi identificada em todas as amostras, porém, a área dos picos diferiu entre as amostras. De modo geral, os furanos são associados sensorialmente a carne assada, café torrado, caramelo, feno, amêndoas doces e algumas notas amargas. As cetonas são associadas a manteiga, fruta e caramelo; os aldeídos a malte, manteiga, mel, frutas, flores e fermentado; as pirazinas a milho doce, amendoim torrado, terra molhada e ervilhas verdes; as piridinas a torrado, amargor, caramelo, manteiga; os pirróis estão associados a cogumelos, medicinal, azeite e cereal; os oxazóis à avelã; os compostos sulfurados em geral (tiofenos e tiazóis), a café torrado, cebola, caramelo, vegetais verdes, nozes e cereais e os fenólicos (guaiacol), a cravo e medicinal (Dark & Nursten, 1985; Illy & Viani, 1998; Czerny et al., 1996, Bonnalander et al., 2005).

Os dados da Tabelas 2 a 7 demonstram a média das áreas dos picos correspondentes aos compostos com identificação provável em cada amostra analisada.

**TABELA 2** Area ( $\times 10^3$ ) dos furanos com identificação provável nos *headspaces* de todas as amostras de café torrado e moído.

Amostra	Area ( $\times 10^3$ ) dos componentes			
	1	7	8	11
a	2377,25a	118378,25a	52976,75a	222524,50a
b	2082,75ab	75878,75bc	40609,25abc	172572,50ab
c	1069,00abc	116866,00a	44470,00ab	163278,00ab
d	1264,00abc	91453,25ab	46364,75ab	151456,00bc
e	616,00c	95233,50ab	29032bc	97231,25cde
f	1311,25abc	121101,50a	39666,25abc	128531,00bd
g	1170,50abc	76958,25bc	32702,75abc	91513,00cde
h	1190abc	71785,25bc	31130,00bc	79131,75de
i	903,25bc	70216,50bc	23054,00c	71344,50de
j	1035,75abc	41180,25c	21484,50c	49643,75e
CV(%)	27,82	10,52	14,41	13,53

**Continuação da Tabela 2**

Amostra	Area ( $\times 10^3$ ) dos compostos		
	16	18	37
a	2634,50a	5155,75a	609,25b
b	1873,50abc	2732,00b	1257,00ab
c	1398,50abc	2454,25b	1097,00ab
d	1401,75abc	27,61,25b	1101,25ab
e	2242,50ab	2499,25b	764,25b
f	1030,50abc	2967,25b	1414,50ab
g	1156,50abc	2334,75b	1324,25ab
h	649,25bc	1805,75b	1940,50a
i	673,25bc	1789,75b	1247,00ab
j	474,50c	1489,75b	1225,00ab
CV(%)	32,77	21,01	20,92

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 1: 3-metil-furano; 7: 2-furaldeído (3-furaldeído); 8: furil-2-metanol; 11: 5-metil-2-furancarboxaldeído. 16: 1-(2-furanil)-1-propanona 18: 2-etil-5-metil-furano; 37:  $\alpha$ -furfurildien- $\alpha$ -furil-metilamina.

Pelos dados da Tabela 2, observa-se que a amostra a, que obteve a maior nota final numericamente na análise sensorial, apresentou-se entre as amostras com as maiores concentrações de 3-metil-furano, 2-furaldeído (3-furaldeído), furil-2-metanol, 5-metil-2-furancarboxaldeído, 1-(2-furanil)-1-propanona e 2-etil-5-metil-furano. A amostra j, que obteve, numericamente, a menor nota final na análise sensorial, apresentou-se com os menores valores para os furanos: 2-furaldeído (3-furaldeído); furil-2-metanol; 5-metil-2-furancarboxaldeído e 1-(2-furanil)-1-propanona, demonstrados na Tabela 18.

Os furanos encontrados no café torrado incluem várias funções, como pode ser observado na Tabela 2. As funções dos furanos como aldeídos, cetonas, ésteres, álcoois, éteres, ácidos e tióis são descritas por Clarke & Macrae (1985), que relataram que os furanos mais abundantes no café torrado são furil-2-metanol ( $90-135\text{mg.kg}^{-1}$ ), 2-furfural ( $55-70\text{mg.kg}^{-1}$ ), e 2-metil-tetraidro-3-furona ( $10-16\text{ mg.kg}^{-1}$ ). Neste trabalho, foram identificados o furil-2-metanol e o 2-furfural (2-furaldeído), em todas as amostras de café torrado e moído. O 2-furfural é associado a aroma de grama (De Maria et al. 1999) O 5-metil-2-furancarboxaldeído é associado ao aroma de caramelo, tendo sido descrito em vários trabalhos (Flament, 2002; Sanz et al., 2002; Gonzáles-Rios et al., 2007). O 3-metil-furano, encontrado neste trabalho, é descrito em altas concentrações em alguns trabalhos, porém, segundo alguns autores, não apresenta nenhum interesse sensorial (Sanz et al., 2001; Sanz et al., 2002). Zambonin et al. (2005) identificaram 5-metil-2-furancarboxaldeído e furil-2-metanol em amostras de diferentes regiões. Os compostos 2-etil-5-metil-furano e 1-(2-furanil)-1-propanona foram descritos por Flament (2002), sendo este último associado sensorialmente a caramelo.

Os dados da Tabela 3 referem-se às pirazinas e às piridinas com identificação provável em todas as amostras de café.

Observa-se que os compostos 2-metil-5-propil-pirazina (2-metil-6-propil-pirazina), piridina e 1,5-dimetil-2(1H)-piridinona não apresentaram diferenças significativas, com relação às concentrações, nas 10 amostras analisadas. Não foi possível estabelecer a diferenciação entre a 2-metil-5-propil-pirazina e a 2-metil-6-propil-pirazina pela metodologia empregada. As duas pirazinas são descritas na literatura, sendo a primeira associada a torrado, cereal e gordura e a segunda, a queimado, avelã, nozes e verde (Flament, 2002).

**TABELA 3** Área ( $\times 10^3$ ) das pirazinas e piridinas com identificação provável nos *headspaces* de todas as amostras de café torrado e moído.

Amostra	Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos				
	3	20	24	4	17
<b>a</b>	961,75bcd	9336,50ab	2826,25a	17721,50a	2410,00a
<b>b</b>	1535,25a	12280,00a	2870,75a	19441,50a	5884,00a
<b>c</b>	1058,75abc	6835,00bc	5380,00a	8385,75a	4250,25a
<b>d</b>	1348,50ab	5335,75cd	5002,75a	11227,75a	4030,50a
<b>e</b>	918bcd	4362,75cde	4219,25a	4364,25a	4367,50a
<b>f</b>	1004,25bc	4057,00cde	4608,00a	8199,00a	4336,25a
<b>g</b>	935,25bcd	2587,50de	3388,75a	7862,00a	2483,25a
<b>h</b>	1173,25ab	3294,00cde	5167,00a	7856,75a	3796,50a
<b>i</b>	605,00cd	2396,75de	3264,50a	4715,75a	2520,00a
<b>j</b>	523,75d	1292,50e	1936,00a	7034,25a	2300,00a
CV(%)	12,06	19,10	40,43	40,72	31,38

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3: pirazina; 20: 3-etil-2,5-dimetil-pirazina; 24: 2-metil-5-propil-pirazina (2-metil-6-propil-pirazina); 4: piridina; 17: 1,5- dimetil-2(1H)-piridinona.

A pirazina e a 3-etil-2,5-pirazina encontradas neste trabalho já foram descritas em outros trabalhos (Bicchi et al., 1993; Sanz et al., 2002; Nascimento et al., 2003; Monroy, 2005; Zambonin et al., 2005; Fujioka & Shibamoto, 2006). A identificação da pirazina em café torrado foi realizada pela primeira vez em 1926. Sensorialmente, apresenta aroma pungente e doce, dependendo da concentração (Flament, 2002). Toci & Farah (2008) sugerem a pirazina como um potencial marcador de grãos com defeitos torrados no ponto moderadamente claro, no entanto, este composto foi identificado por Nascimento et al. (2003) nos três pontos de torração (claro, médio e escuro) em cafés *gourmets*. Toci & Farah (2008) ressaltam que, devido à complexidade do aroma do café e à variabilidade da composição volátil em função de aspectos genéticos, clima, procedimentos agrícolas e condições de torração, um maior número de amostras é necessário para confirmar estas afirmações.

O conteúdo das alquil-pirazinas é proporcional ao grau de torração. Esse conteúdo aumenta até certo limite, com a elevação da temperatura. Quando a torração é muito prolongada, começa a ocorrer degradação dessas pirazinas. Geralmente, maiores quantidades de pirazinas são encontradas nos cafés submetidos à torração leve a média (De Maria et al., 1999). As pirazinas encontradas em maior quantidade no café torrado são: metilpirazina (60-80 mg.kg<sup>-1</sup>), 2-6-dimetil-pirazinas (30-35mg.kg<sup>-1</sup>) e 2,5-dimetil-pirazina (Silwar et al., 1987).

As concentrações da piridina não apresentaram diferença significativa nas dez amostras analisadas. A piridina já foi descrita em vários trabalhos, sendo um composto característico de alimentos submetidos a tratamento térmico. Sensorialmente, associa-se a um aroma pungente, sendo desagradável em alimentos, porém, em altas diluições, pode apresentar aroma agradável de fumo (Bicchi et al., 1993; De Maria et al., 1999; Amstalden et al., 2001; Nascimento et al., 2003; Flament, 2002).

Pelos dados da Tabela 4 observam-se as áreas para as cetonas e os pirróis com identificação provável em todas as amostras.

Observa-se que as concentrações do composto 4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one não apresentaram diferenças significativas, nas 10 amostras analisadas. Os valores das concentrações de 2,4,6-tris(1,1dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona apresentaram-se mais elevados nas amostras a, b, c, não existindo diferença significativa entre elas. As cetonas cíclicas e as acetofenonas são descritas em outros trabalhos (Flament, 2002; Sanz et al., 2002; Fujioka & Shibamoto, 2006).

**TABELA 4** Área ( $\times 10^3$ ) das cetonas e pirróis com identificação provável nos *headspaces* de todas as amostras de café torrado e moído.

Amostra	Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos			
	29	30	38	15
a	3156,50a	1728,00b	16160,50a	15147,25a
b	1560,25a	6430,50a	22168,00a	10290,50ab
c	4496,00a	4779,75ab	15378,25a	6711,25ab
d	3524,75a	4869,25ab	2898,25b	5878,75ab
e	5903,25a	3317,50ab	3991,75b	1861,50b
f	4916,50a	3306,50ab	4658,00b	4378,00ab
g	3626,25a	5286,50ab	2478,00b	3384,25ab
h	2240,25a	3982,25ab	2924,25b	3387,50ab
i	3437,75a	3845,75ab	2694,50b	2384,00b
j	1151,50a	3795,00ab	2349,50b	1911,00b
CV(%)	36,82	23,22	27,77	34,54

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

29: 4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-one; 30: 3,4-dihidroxiacetofenona; 38: 2,4,6-tris(1,1dimetiletil)-4-metilciclohexa-2,5-dien-1-ona; 15: 1-metil-1-H-pirrol-2-carboxaldeído.

O composto 1-metil-1-H-pirrol-2-carboxaldeído foi associado ao aroma de pipoca (Flament et al., 2002). Os pirróis encontrados em maior quantidade no café torrado são o N-furil-2-formil-pirrol e o N-metil-2-acetilpirrol, porém, neste trabalho, não foram identificados. Os alquil e acilpirróis apresentam um odor desagradável, porém, os alquilpirróis, em baixas concentrações, fornecem um aroma doce levemente queimado (Clarke & Macrae, 1985).

Os compostos fenólicos são constituintes importantes no aroma do café. Geralmente, são associados a características sensoriais negativas, como fumaça, madeira, pimenta, couro e medicinal. Porém, alguns deles, em baixas concentrações, são descritos como doce, agradável, floral, balsâmico com agradáveis características de baunilha e cravo (Flament, 2002).

Observa-se, pelos dados da Tabela 5, que a concentração de 4-etil-guaiacol não diferiu significativamente entre as 10 amostras analisadas. Os maiores valores de p-guaiacol foram observados nas amostras a e b, não existindo diferença significativa entre elas.

Os fenóis encontrados em maior quantidade no café torrado são 4-vinil-guaiacol, guaiacol e fenol (Silwar et al., 1987). Neste trabalho, foi identificado 4-vinil-guaiacol em todas as amostras e fenol somente em determinadas amostras. O guaiacol não foi identificado nas amostras analisadas.

Zambonim et al. (2005) relataram os seguintes fenólicos: p-guaiacol, 4-etil-guaiacol e fenol. O 4-etil-guaiacol é associado a fumaça, especiarias, medicinal e baunilha (Flament, 2002). A literatura associa o 4-vinil-guaiacol a um aroma de especiarias (Moreira et al., 2000; Flament, 2002) e a um aroma doce e fumaça (Flament, 2002) e o guaiacol ao de material queimado (Moreira et al., 2000), especiarias e fenólicos (Flament, 2002). Esses compostos são considerados potentes odorantes para o café torrado, pois apresentam baixos limites de detecção, além de estarem presentes em concentrações relativamente altas no produto (Moreira et al., 2000).

**TABELA 5** Área ( $\times 10^3$ ) dos fenóis com identificação provável nos *headspaces* de todas as amostras de café torrado e moído.

Amostra	Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos		
	21	31	32
a	11876,50a	1427,25a	7189,50e
b	8925,00a	2758,25a	12835,00de
c	3151,50b	2089,75a	15585,00cde
d	3328,50b	2768,00a	17605,00bcd
e	1688,75b	1788,00a	18944,00bcd
f	2350,25b	1900,00a	24975,50abc
g	2193,50b	1835,00a	25527,50ab
h	1770,00b	1528,00a	29483,75a
i	1604,00b	1279,00a	22853,00abc
j	1559,25b	1335,00a	22596,25abc
CV(%)	35,02	33,04	12,04

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey  
 21: p-guaiacol; 31: 4-etil-guaiacol; 32: 4-vinil-guaiacol.

O 4-etil-guaiacol já foi identificado tanto em cafês arábica quanto robusta, porém, em maiores concentrações no café robusta, podendo ser responsável por uma nota fenólica na bebida (Moreira et al., 1999; Fujikoka & Shibamoto, 2006). Zellner et al. (2008) associam a especiarias o 4-etil-guaiacol, o 4-vinil-guaiacol e o guaiacol, porém, não relatam a concentração de cada composto. Neste trabalho, 4-etil-guaiacol e p-guaiacol foram identificados em todas as amostras.

Na Tabela 6 são demonstrados os resultados das áreas de outros compostos com identificação provável em todas as amostras de café.

**TABELA 6** Área ( $\times 10^3$ ) de outros compostos com identificação provável nos *headspaces* de todas as amostras de café torrado e moído.

Amostras	Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos			
	6	25	35	39
<b>a</b>	19221,50b	12360ab	475,25b	1084,00c
<b>b</b>	25658,25a	20716,00a	1535,25ab	2605,00c
<b>c</b>	18292,50bc	15431,00ab	1611,75ab	2797,00c
<b>d</b>	17811,25bc	2309,50b	1713,75ab	3774,25bc
<b>e</b>	12928,00de	5211,50b	1836,00ab	3612,75bc
<b>f</b>	14913,00bc	5168,00b	1853,00ab	6424,75abc
<b>g</b>	10819,00ef	3750,50b	2131,00ab	10795,75ab
<b>h</b>	13730,75de	3580,50b	2002,00ab	12185,50a
<b>i</b>	7894,25fg	3924,00b	2180,00a	7430,50abc
<b>j</b>	6297,00g	3461,75b	2023,50ab	12520,50a
CV(%)	6,98	47,69	24,31	31,67

Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

6: 2-metil-pirimidina; 25: n-etil-benzenamina; 35: 3,4-dimetoxi-estireno; 39: cafeína.

Observa-se, pelos dados da Tabela 6, que a amostra b apresentou os maiores valores de 2-metil-pirimidina, situando-se entre as amostras com os maiores valores de n-etil-benzenamina. As maiores concentrações de cafeína foram observadas nas amostras f, g, h, i e j. Os compostos 2-metil-pirimidina, N-etil-benzenamina, 3,4 dimetoxi-estireno e cafeína já foram descritos em outros trabalhos (Flament, 2002; Oliveira, 2007). A cafeína não é considerada um composto importante para o aroma do café, no entanto, é muito estudada pelos seus aspectos fisiológicos (Moreira et al. 2000).

Vários hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos já foram identificados no café torrado. Sugere-se que a formação dos hidrocarbonetos aromáticos, como

3,4 dimetoxi-estireno, encontrado neste trabalho, se deva à degradação da fenilalanina ou à reação de seu aldeído de Strecker com os produtos de degradação do açúcar. Nenhum dos compostos do grupo dos hidrocarbonetos é considerado de impacto para o café (Moreira et al., 2000).

Alguns compostos foram identificados somente em determinadas amostras, porém, os valores de área não apresentaram diferenças significativas na análise de variância, quando comparados aos das demais amostras: 2,5dimetil-furano (a, b,d); 3-metil-piridina (b); furfural-formato (a, b, c, d, e, h, j); 2-etil-6-metil-pirazina (d, e, f, h); 1-(1-metil-1-pirrol-2-il)-etanona (e, f, g, h, i, j); 1-ciclopenteno-1-ácido carboxílico (a, b, d, f, g, i, j); 1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol (a, b, c, d, e, f, h, i) e 3-metil-5-propil-piridina (a, b). Os compostos 2,5dimetil-furano, 2-etil-6-metil-pirazina e 1-(2-furanilmetil)-1H-pirrol foram relatados por Zambonin et al.(2008) que também identificaram 1(1H-pirrol-2-il)-etanona. Os compostos 2-etil-6-metil-pirazina e 2,5-dimetil-furano foram descritos também por Sanz et al. (2002). A 3-metil-piridina é descrita por Sanz et al. (2002) e Flament (2002), sendo associada aos aromas de terra, avelã e verde (Flament, 2002). O furfural-formato foi descrito por Bicchi et al. (1993), Sanz et al. (2002) e Gonzáles-Rios et al. (2007), sendo associado, sensorialmente, a notas florais (Gonzáles-Rios et al., 2007).

Na Tabela 7 observam-se as áreas referentes aos compostos com identificação provável em algumas amostras que apresentaram diferenças significativas na análise de variância.

**TABELA 7** Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos identificados nos *headspaces* de determinadas amostras de café torrado e moído.

Amostra	Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos				
	9	12	13	22	26
a	621,50bcd	0,00c	0,00b	0,00c	0,00c
b	246,50cd	0,00c	249,25ab	1248,75a	319,25bc
c	1099,75ab	110,50bc	1811,25ab	877,25ab	730,50abc
d	1177,00ab	464,00abc	2943,00a	810,75b	1549,25a
e	1355,50a	164,25bc	1622,50ab	601,75b	829,75abc
f	1383,25a	0,00c	2577,25ab	644,25b	1424,50ab
g	906,00abc	823,75a	1788,25ab	0,00c	1323,25ab
h	567,00bcd	611,50ab	2595,75ab	502,75b	1082,50abc
i	673,75bc	421,75abc	1049,00ab	0,00c	1048,75abc
j	0,00c	545,00ab	691,00ab	0,00c	644,00abc
CV(%)	21,05	40,31	46,82	21,03	33,93

**Continuação da Tabela 7**

Amostra	Área ( $\times 10^3$ ) dos compostos		
	28	33	36
1	0,00c	1039,00a	0,00b
2	0,00c	452,25ab	324,00ab
3	0,00c	0,00b	0,00b
4	0,00c	0,00b	0,00b
5	0,00c	0,00b	359,50a
6	0,00c	0,00b	0,00b
7	1284,75ab	0,00b	308,75ab
8	0,00c	0,00b	0,00b
9	306,50bc	0,00b	245,25ab
10	1564,75a	0,00b	397,00a
CV(%)	85,30	165,37	53,09

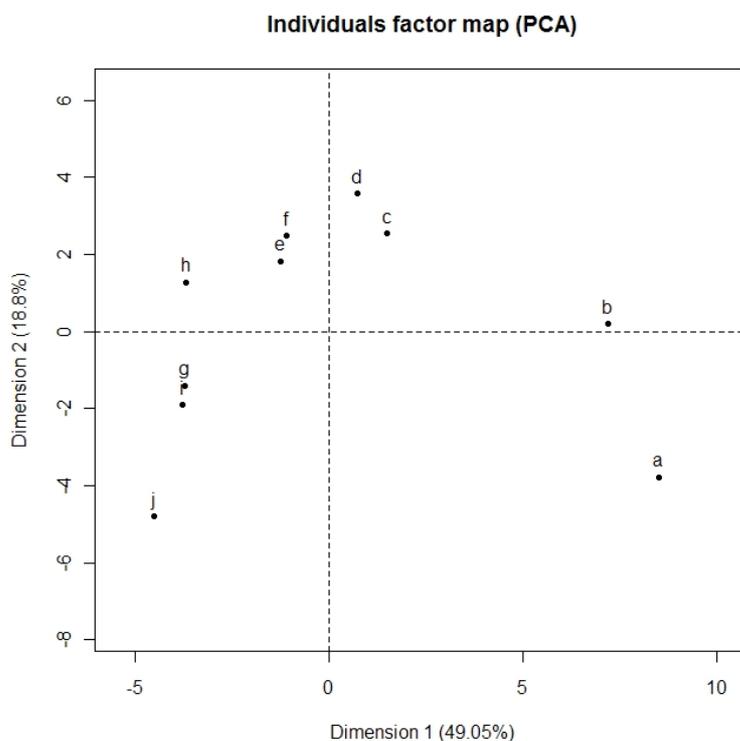
Médias seguidas pela mesma na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 9: 2-ciclohexen-1-one; 12:fenol; 13:1-H-pirrol-2-carboxaldeído; 22: 2-metil-6 (1-propenil)-pirazina; 26:n-heptil-furano; 33: 5-etil-2-metil-piridina; 28: 3-fenil-furano; 33: 5-etil-2-metil-piridina; 36: 2,4-dihidroxi-propiofenona.

O composto 2-ciclohexen-1-one foi observado em todas as amostras, com exceção da amostra j. Nas amostras a, b e f não foi identificado o fenol. O composto 1-H-pirrol-2-carboxaldeído foi identificado em todas as amostras, com exceção da amostra a. O composto 2-metil-6 (1-propenil)-pirazina foi encontrado nas amostras b, c, d, e, f e h, sendo os maiores valores encontrados nas amostras b e c. O composto n-heptil-furano foi identificado em todas as amostras, com exceção da amostra a. O composto 3-fenil-furano somente foi encontrado nas amostras g, i e j. O composto 5-etil-2-metil-piridina foi identificado somente nas amostras a e b. O composto 2,4-dihidroxiopropiofenona não foi observado nas amostras a, c, d, f e h.

A 2-ciclohexen-1-one é descrita, sensorialmente, como um aroma potente associado à hortelã. O 1-H-pirrol-2-carboxaldeído possui odor penetrante de cereais. A 5-etil-2-metil-piridina é associada à aroma de vinho, manteiga, ácido, cereal e caramelo (Flament, 2002).

O método de análise de componentes principais (PCA) empregado nos resultados da análise cromatográfica proporcionou um estudo multivariado dos dados experimentais obtidos, facilitando a identificação da relação entre as amostras e os compostos identificados. Os resultados da análise de componentes principais estão demonstrados nas Figuras 6 e 7.





**FIGURA 7** Espaço das amostras na análise de componentes principais das 10 amostras de cafés especiais.

Por meio da Figura 6 observa-se que, com apenas dois componentes principais, é possível explicar 67,85% da variabilidade total dos dados, sendo 49,05% explicados pelo primeiro componente principal e 18,8% pelo segundo componente. A representação gráfica dos componentes principais permite a caracterização dos compostos encontrados nas diferentes amostras de café. O primeiro componente principal está relacionado, principalmente, aos compostos que se encontram próximos ao eixo X na direção positiva (c5; c25; c16 e c38, respectivamente 3-metil-piridina, n-etil-benzenamina, 1-(2-furanil)-1-propanona), 2,4,6-tris(1,1dimetiletil)-4-metil-ciclohexa-2,5-dien-1-ona e na

direção negativa (c32; c19, respectivamente 4-vinil-guaiacol e 1-(1-metil-1-pirrol-2-il)-etanona. O segundo componente principal relaciona-se, principalmente, aos compostos próximos ao eixo Y na direção positiva (c30, c29, c9 e c24, respectivamente 3,4-dihidroxi-acetofenona, 4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona; 2-ciclohexen-1-ona e 2-metil-5-propil-pirazina (2-metil-6-propil-pirazina).

Na Figura 7 ilustra-se a disposição espacial das amostras na análise de componentes principais. As amostras a e b estão relacionadas com os compostos que se correlacionam com a parte positiva do eixo X. As amostras c, d, e e f estão relacionadas com os compostos que se correlacionam com a parte positiva do eixo Y. As amostras g, h, i e j estão relacionadas com os compostos que se correlacionam com a parte negativa do eixo X.

Observando-se a dispersão das amostras na Figura 7, pode-se fazer uma analogia com as notas obtidas na análise sensorial. As amostras tendem a se agrupar aproximadamente na mesma sequência das notas finais obtidas na análise sensorial. As amostras a, b e c, que receberam as maiores notas na análise sensorial, estão correlacionadas ao maior número de compostos voláteis. O número de componentes voláteis correlacionados às amostras diminui à medida que as amostras apresentam notas mais baixas na análise sensorial.

## 4 CONCLUSÃO

A maioria dos compostos com identificação provável foi encontrada em todas as amostras, porém, em concentrações (áreas) diferentes.

As classes de compostos químicos com maior número de identificações prováveis e maiores valores de concentrações (áreas) foram furanos, pirazinas e cetonas.

Os compostos voláteis correlacionados às amostras foram 3-metil-piridina, n-etil-benzenamina; 1-(2-furanyl)-1-propanona; 2,4,6-tris(1,1-dimetiletil)-4-metil-ciclohexa-2,5-dien-1-ona; 4-vinil-guaiacol, 1-(1-metil-1-pirrol-2-il)-etanona; 3,4-dihidroxi-acetofenona; 4-etil-2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona; 2-ciclohexen-1-ona e 2-metil-5-propil-pirazina (2-metil-6-propil-pirazina).

As amostras tendem a se agrupar, na análise dos componentes principais, aproximadamente na mesma sequência das notas finais obtidas na análise sensorial.

Houve correlação positiva entre o número de componentes voláteis e as amostras com maior pontuação na análise sensorial. Efeito inverso ocorreu com relação às amostras de cafés especiais, que obtiveram as menores pontuações finais na análise sensorial.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMSTALDEN, L.C.; LEITE, F.; MENEZES, H.C. Identificação e quantificação de voláteis de café através de cromatografia gasosa de alta resolução/espectrometria de massas empregando um amostrador automático de *headspace* **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.1, p.123-128, jan./abr. 2001.

BAGGENSTOSS, J.; POISSON, L.; KAEGI, R.; PERREN, R.; ESCHER, F. Coffee roasting and aroma formation: Application of different time-temperature conditions. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.56, n.14, p.5836-5846, July 2008.

BASSOLI, D.G. **Impacto aromático dos componentes voláteis do café solúvel: uma abordagem analítica e sensorial**. Universidade Estadual de Londrina, 2006, 237p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BICCHI, C.P.; BINELLO, A. E.; LEGOVICH, M.M., PELLEGRINO, G.M.; VANNI, A.C Characterization of roasted coffee by S-HSGC and HPLC-UV and Principal component analysis. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.41, n.12, p.2324-2328, Dec. 1993.

BONNLANDER, B.; EGGERS, R. Roasting. In: ILLY, A.; VIANI, R. (Ed.). **Espresso coffee the science of quality**. 2. ed. San Diego: Academic, 2005. Chap. 4, p. 179-214.

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

CZERNY, M; WAGNER, R.; WERNER, G. Detection of odor-active ethenylalkylpyrazines in roasted coffee. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.44, n.10, p.3268-3272, Oct. 1996.

DARK, S.K.; NURSTEN, H.E. **Volatiles components**. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. (Ed). **Coffee Chemistry**. New York: Elsevier Applied Science, v.1, p.223-265.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.2, p.209-217, mar./abr. 1999

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada.** Lavras: UFLA, 2008. 661p.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry.** Chichester: J. Wiley, 2002. 424p.

FUJIKOKA, K.; SHIBAMOTO, T. Quantitation of volatiles and nonvolatile acids in an extract from coffee beverages: correlation with antioxidant activity. **Journal of food Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.54, n.16, p.6054-6058, Aug. 2006.

GONZALÉZ-RIOS, O.; SUAREZ-QUIROZ, M.L.; BOULANGER, R.; BAREL, M.; GUYTON, B.; GUIRAUD, J.; SCHORR-GALLINDO, S. Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. **Journal of food composition and analysis**, San Diego, v.20, n.3, p.297-307, May 2007.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality.** 3rd ed. San Diego: Academic, 1998. 253p.

LYMAN, D.; BENCK, R.; DELL, S.; MERLE, S.; MURRAY-WIJELATH FTIR-ATR Analysis of brewed coffee: effect of roasting conditions, **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.51, n.11, p.3268-3278, May 2003.

MEAD, R.; CURNOW, R.N. **Statistical methods in agriculture and experimental biology.** London: Chapman and hall, 1983. 335p.

MENDES, L.C. **Estudos para a 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 café espresso.** 2005. 196p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MONROY, G. M. E. R. **Caracterización del aroma del café molido de Puerto Rico mediante la técnica de microextracción em fase sólida (SPME) y cromatografía de gas acoplada a espectrometría de massas (GC/MS)**. 2005, 156p. Tesis (Maestro em Ciência y Tecnología de Alimentos) - Universidad de Puerto Rico, Mayaguez.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.195-203, maio/jun. 2000.

NASCIMENTO, E.A.; MORAIS, S.A.L.; ROCHA, R.S. Constituintes voláteis de cafés “gourmet” e mole do cerrado do Triângulo Mineiro em função da torra. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.282-284, maio/ago. 2003.

OLIVEIRA, R.C.S. **Detecção de adulteração de café torrado e moído com cevada pelo perfil cromatográfico de voláteis**. 2007, 197p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANZ, C.; ANSORENA, D.; BELLO, J.; CID, C. Optimizing headspace temperature and time sampling for identification of volatile compounds in ground roasted arabica coffee. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.49, n. 3, p.1364-1369, Mar. 2001.

SANZ, C.; MAEZTU, L; ZAPELENA, M.J.; BELLO, J.; CID, C. Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends coffee: influence of different proportions od arabica and robusta and influence of roasting coffee with sugar. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.82, n.8, p.840-847, June 2002.

SCKENKER, S. **Investigation on the hot air roasting of coffee beans**. 2000. 187p. Thesis (Doctor of Technical Sciences) – Swiss Federal institute of Techonology, Zurich.

SILWAR, R.; BENDIG,G.; KAMPERSCHESER, H.; TRESSL, R. Gaschromatographisch-massenspektrometrisch untersuchungen des rostkaffeearomas **Chemie, Microbiologic der Lebensmittel**, Berlim, v.10, p.176-187, 1987.

SPEER, K.; KURZROCK, T.; KOLLING-SPEER, I. Effect of controlled storage on the lipid fraction of green arabica coffee beans. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFE, 20., 2004, Bangalore. **Anais...** Bangalore: ASIC, 2004.

TOCI, A.T.; FARAH, A. Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. **Food Chemistry**, Oxford, v.108, n.3, p.1133-1141, June 2008.

ZAMBONIN, C.G.; BALEST, L.; BENEDETTO, PALMISANO, F. Solid-phase microextraction-gas chromatography mass spectrometry and multivariate analysis for the characterization of roasted coffees. **Talanta**, Amsterdam, v.66, n.1, p.261-265, Mar. 2005.

ZELLNER, B. A.; DUGO, P.; DUGO, G., MONDELLO, L. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v.1186, p.123-143, Apr. 2008