



VANDERLEY ALMEIDA SILVA

**ADULTERANTES EM CAFÉ (*Coffea arabica* L)
TORRADO E MOÍDO E SUAS IMPLICAÇÕES
NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL DA BEBIDA**

LAVRAS - MG

2014

VANDERLEY ALMEIDA SILVA

**ADULTERANTES EM CAFÉ (*Coffea arabica* L) TORRADO E MOÍDO E
SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL DA BEBIDA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Silva, Vanderley Almeida.

Adulterantes em café (*Coffea arabica* L.) torrado e moído e suas implicações na qualidade físico-química e sensorial da bebida / Vanderley Almeida Silva. – Lavras : UFLA, 2013.

90p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Bibliografia.

1. Adulteração. 2. Casca. 3. Palha melosa. 4. Milho. 5. Infravermelho. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 663.935

VANDERLEY ALMEIDA SILVA

**ADULTERANTES EM CAFÉ (*Coffea arabica* L) TORRADO E MOÍDO E
SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL DA BEBIDA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 20 de maio de 2013.

Dra. Heloisa Helena de Siqueira Elias	UFLA
Dr. Carlos Henrique Rodrigues Reinato	IFSULDEMINAS
Dr. João de Deus Souza Carneiro	UFLA
Dra. Brígida Monteiro Vilas Boas	IFSULDEMINAS

Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira
Orientadora

LAVRAS - MG

2013

A Deus.

OFEREÇO.

Aos meus pais, Irmãos e Amigos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

À professora Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, pela oportunidade de ajudar-me no desenvolvimento profissional, inundando-me com o seu saber, por sua valiosa orientação em todas as etapas deste trabalho, pela amizade, confiança e estímulo sempre demonstrados.

Ao IFSULDEMINAS – Campus Machado, pela oportunidade única de liberação para a realização deste curso, além do fornecimento de material para pesquisa.

À EPAMIG, em especial ao pesquisador Dr. Marcelo Malta, pelo apoio na realização das análises de compostos não voláteis.

Ao Café Novo Milênio, em Poço Fundo, pelo apoio fornecendo Amostras.

À Central de Análises e Prospecção Química (CAPQ) da UFLA

Aos Coorientadores Dr. Cleiton Nunes e Dra. Ana Carla, pela valiosa contribuição neste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Carlos Henrique Renato, Dra. Heloisa Helena de Siqueira Elias, Dra. Brígida Monteiro Vilas Boas e Dr. João de Deus Souza Carneiro, pela disponibilidade e contribuição.

À Dra. Adriene, pela essencial colaboração, amizade e por tornar a pós-graduação muito mais dinâmica e prazerosa.

À Katiany Mansur, pela imensa ajuda na interpretação dos resultados.

A todos os amigos do Polo de Tecnologia e Qualidade do café, em especial, Fernanda Gandra, Mirian Rodarte, Mirian Helena, Claudia Salim,

Nathalia Lara, Bruno Ribeiro, Emanuelle, Jordana, Sheila, Edson, Renata (CEPECAFE) e Dra. Simone Fernandes, pelo apoio.

À Tina (Departamento de Ciência dos Alimentos) e ao Felipe Cimino (Departamento de Química) por toda atenção, simpatia, apoio e companheirismo.

Aos meus familiares que sempre foram um esteio nessa jornada.

Aos amigos, Giovanni Giancesinni, Bruno Ferreira, Fabiano Lima, Ronielle Cicino, que sempre me apoiaram e de que de certa forma ajudaram em momentos difíceis.

RESUMO

A detecção de impurezas e misturas no café torrado e moído é uma preocupação constante no que diz respeito à garantia de qualidade do produto. É imprescindível o fornecimento ao consumidor, de forma consistente, a garantia de um produto puro, com ausência de defeitos ou de variações por fraude. Adulterar é o ato de misturar, de forma intencional ou não, materiais estranhos ao produto, normalmente de baixo custo, que por sua vez alteram a sua qualidade e causam danos ao consumidor, especialmente econômicos e à saúde. No presente estudo utilizou-se a espectroscopia na região do infravermelho médio, a análise sensorial e algumas análises físico-químicas associadas a análise de componentes principais (PCA) visando identificar adulteração em café torrado e moído pela adição de diferentes percentuais de cascas, palha melosa e milho ao café de bebida rio. Objetivou-se investigar alternativas eficientes e de baixo custo na identificação das amostras adulteradas, bem como avaliar os efeitos causados pelas adulterações na composição química, físico-química e nas características sensoriais da bebida do café. O café e os adulterantes foram torrados separadamente no ponto de torração médio escuro e depois de moídos adicionaram-se diferentes proporções (0, 10, 20, 30, 40 e 50%) de palha melosa, casca ou milho ao café. As amostras foram analisadas por métodos físico-químicos (umidade, cinzas, fibra bruta, extrato etéreo, extrato aquoso, proteína bruta, açúcares totais, redutores e não redutores), espectroscopia no infravermelho médio e análise sensorial (teste de aceitação) com o intuito de discriminar as amostras de café puro das adulteradas. A análise físico-química que mais contribuiu para a discriminação do café puro foi o extrato aquoso, pois apresentou maior correlação com a adição dos adulterantes analisados. Foi possível discriminar amostras de café puro de amostras adulteradas com casca, palha melosa e milho utilizando a espectroscopia no infravermelho médio e PCA. Os resultados da análise sensorial mostraram que a inclusão de materiais fraudulentos modificou as características naturais da bebida do café. Na análise sensorial, a amostra de café puro recebeu maior pontuação para o atributo aspecto global, porém as amostras com 20% de adulterante, em geral, tiveram avaliações iguais ou superiores as amostras puras, principalmente, as amostras contendo palha melosa e milho. Entretanto, as amostras com maiores teores de milho, casca e palha (40% e 50%), apresentaram menores notas para os atributos cor, aroma e sabor.

Palavras-chave: Adulteração. Casca. Palha melosa. Milho. Infravermelho.

ABSTRACT

The detection of impurities and mixtures in roast and ground coffee is a constant concern regarding to the guarantee of the product quality. It is essential to inform the consumer, consistently, ensuring a pure product with no defects or variations of fraud. Adulteration is the act of mixing intentionally or not, foreign materials to the product, usually low cost, which affects their quality and cause damage to the consumer, especially to the health and economic. This study employed the spectroscopy in the middle infrared region, sensory analysis and some physical-chemical analyzes associated with principal component analysis (PCA) to identify adulteration in roasted and ground coffee by adding different percentages of husk, saccharine straw and corn in coffee rio drink. This study aimed to investigate efficient and cost-effective identification of adulterated samples alternatives and evaluate the effects caused by the adulteration. Coffee and adulterants were roasted separately at the point of medium dark roast coffee and then milled added different proportions (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) of saccharine straw, husk or corn to coffee. The samples were analyzed by means of physico- chemical properties (moisture, ash, crude fiber, ether extract, aqueous extract, crude protein, total sugars, reducing and non-reducing), mid-infrared spectroscopy and sensory analysis (acceptance testing) with in order to discriminate the samples of adulterated pure coffee. The physico-chemical attributes that contributed most to the discrimination of pure coffee was the aqueous extract, which is the parameter that showed the highest correlation with the addition of adulterants analyzed. It was possible to discriminate samples of pure coffee adulterated samples with husk, saccharine straw and corn using mid-infrared spectroscopy and PCA. The results of sensory analysis showed that the inclusion of fraudulent materials modified the natural characteristics of the coffee. In sensory analysis, the sample of pure coffee received the highest score for the attribute overall appearance, but the samples with 20% adulterant generally had equal or superior reviews the pure samples, especially samples containing saccharine straw and corn. However, those with higher levels of corn, husk and saccharine straw (40 % and 50 %), had lowest scores for the attributes color, aroma and taste.

Key words: Adulteration. Husk. Saccharine straw. Corn. Infrared.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolução do Consumo interno de café no Brasil.....	18
Figura 2	Gráfico de escores e de pesos para os parâmetros físicos das amostras adulteradas com diferentes percentuais de casca de café.....	54
Figura 3	Gráfico de escores e de pesos dos resultados das análises físico-químicas das amostras adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa.....	56
Figura 4	Gráfico de escores e de pesos dos resultados das análises físico-químicas das amostras adulteradas com diferentes percentuais de milho	58
Figura 5	Espectros no infravermelho de amostras puras antes do processo de torração.....	60
Figura 6	Espectros no infravermelho das amostras puras após o processo de torração.....	61
Figura 7	Gráfico de escores das amostras de café puras e adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café	63
Figura 8	Gráfico de escores das amostras de café puras e adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa de café.....	64
Figura 9	Gráfico de escores das amostras de café puras e adulteradas com diferentes percentuais de milho.....	65
Figura 10	Efeito da adição de casca de café nos atributos sensoriais da bebida rio	67
Figura 11	Gráfico de escores e de pesos do resultado da análise sensorial das amostras adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café.....	68
Figura 12	Efeito da adição de milho nos atributos sensoriais da bebida rio ...	70

Figura 13	Gráfico de escores e de pesos do resultado da análise sensorial das amostras adulteradas com diferentes percentuais de milho	71
Figura 14	Efeito da adição de palha melosa do café nos atributos sensoriais da bebida rio.....	73
Figura 15	Gráfico de escores e de pesos do resultado da análise sensorial das amostras adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Monitoramento do processo de torração das amostras	45
Tabela 2	Análise de cor das amostras, de acordo com os parâmetros de cromaticidade da escala CIE L* a* b*	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Importância econômica do café.....	16
2.2	Consumo de café no Brasil.....	17
2.3	Qualidade do café.....	19
2.3.1	Qualidade dos grãos para cafés industrializados.....	21
2.4	Composição química dos grãos de café.....	23
2.5	Torrção.....	28
2.6	Moagem.....	31
2.7	Adulteração em cafés torrados e moídos.....	34
2.7.1	Resíduos do fruto do cafeeiro.....	37
2.7.2	Emprego do milho como adulterante.....	39
2.7.3	Avaliação de fraudes em cafés adulterados por espectroscopia de infravermelho.....	39
2.8	Análise sensorial.....	42
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.1	Local do experimento.....	44
3.2	Coleta e preparo das amostras.....	44
3.2.1	Torrção das amostras.....	44
3.2.2	Moagem das amostras.....	45
3.2.3	Embalagem.....	46
3.2.4	Armazenamento.....	46
3.3	Análises físico-químicas.....	46
3.3.1	Análise de cor.....	46
3.3.2	Umidade.....	47
3.3.3	Extrato aquoso.....	47
3.3.4	Fração Cinzas.....	47
3.3.5	Açúcares totais, não redutores e redutores.....	47
3.3.6	Extrato etéreo.....	48
3.3.7	Proteína Bruta.....	48
3.3.8	Fibra Bruta.....	48
3.3.9	Amido.....	48
3.3.10	Espectroscopia no infravermelho médio.....	48
3.4	Organização dos dados e análise de componentes principais.....	49
3.5	Análise sensorial.....	49
3.5.1	Teste de aceitação.....	50
3.6	Análise Estatística.....	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1	Análise de cor.....	51

4.2	Discriminação das amostras adulteradas com casca de café por Análise de Componentes Principais (PCA) através dos atributos físico-químicos.....	53
4.3	Discriminação das amostras adulteradas com palha melosa de café por Análise de Componentes Principais (PCA) através dos atributos físico-químicos.....	55
4.4	Discriminação das amostras adulteradas com milho por Análise de Componentes Principais (PCA) através dos atributos físico-químicos.....	58
4.5	Espectroscopia no infravermelho médio.....	59
4.6	Discriminação das amostras adulteradas por Análise de Componentes Principais (PCA) por espectroscopia no infravermelho médio.....	62
4.6.1	Adulteração com casca de café	63
4.6.2	Adulteração com palha de café	64
4.6.3	Adulteração com milho.....	65
4.7	Teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de diferentes percentuais de casca de café.....	66
4.7.1	Teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de diferentes percentuais de milho	69
4.7.2	Teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de diferentes percentuais de palha melosa.....	72
5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	77
	ANEXOS	90

1 INTRODUÇÃO

O café é considerado um dos principais produtos na pauta da exportação brasileira e possui enorme aceitação devido ao sabor e aroma incomparável de sua bebida. No agronegócio, a cadeia produtiva do café representa uma grande fonte de recursos financeiros para o país, por gerar inúmeros empregos diretos e indiretos, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial.

A diversidade de compostos químicos presentes nos grãos de café cru, aliada as diferenças na composição relacionadas à origem, contribuem para que, quando submetidos à torração, deem origem a bebidas com características sensoriais diferenciadas. Os cafés são classificados por profissionais habilitados, em diferentes classes de acordo com padrões pré-estabelecidos, segundo essas características próprias verificadas em prova de xícara.

Em função de seu crescente valor no mercado, o café começou a ser adulterado com mais frequência, na década de 70, durante o período de tabelamento de preços. Por apresentar alto valor econômico e características físicas que dificultam a percepção dos consumidores, o café é susceptível à adulteração pela adição de diversas substâncias de menor custo.

Dentre os produtos utilizados para a adulteração do café torrado e moído são relatados com maior frequência o milho, cevada, trigoilho, açúcar mascavo e soja, além de cascas e paus que são resíduos oriundos do seu beneficiamento. (ABIC, 2013).

A detecção de impurezas e da adulteração do café torrado e moído tem sido uma preocupação dos pesquisadores e órgãos de fiscalização que buscam garantir ao consumidor a qualidade do produto. A adulteração é considerada uma fraude, pois ocorre pela mistura intencional de materiais estranhos ao café, normalmente de baixo custo, que comprometem a sua qualidade e podem causar danos à saúde do consumidor, além do prejuízo econômico.

Atualmente, para detecção de fraudes no café torrado e moído, os órgãos de fiscalização realizam a análise de umidade, resíduo mineral fixo, resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico a 10%, extrato aquoso, extrato etéreo e cafeína, além de técnicas de microscopia ótica, realizada após o tratamento da amostra com solvente orgânico, secagem e tamização. Entretanto, tais análises são demoradas, geram resíduos de reagentes químicos e a microscopia ótica depende diretamente da experiência do analista, o que torna o método bastante subjetivo (ASSAD et al., 2002).

A espectroscopia no infravermelho associada a métodos quimiométricos tem sido avaliada em diversos estudos e possibilita a discriminação de amostras de café adulteradas (ALESSANDRINI et al., 2008). No entanto, a análise sensorial como método de identificação de fraudes tem sido pouco investigada.

A adulteração do café modifica seus atributos sensoriais, comprometendo assim seus sabores e aromas característicos. Necessita-se assim de investigações sobre o grau de aceitação ou rejeição do produto por consumidores.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito de diferentes proporções de adulterantes (palha melosa, casca e milho) na composição química, físico-química e análise sensorial do café torrado e moído, por meio de técnicas como a espectroscopia no infravermelho médio, análises físico-químicas e análise sensorial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica do café

Em função de condições climáticas, o cultivo do café se espalhou rapidamente, com a produção voltada para o mercado interno. Em sua trajetória pelo Brasil, passou pelo Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Num espaço de tempo relativamente curto, saiu de uma posição secundária para a de produto base da economia brasileira. Desenvolveu-se com total independência, ou seja, apenas com recursos nacionais, sendo, portanto, a primeira realização, exclusivamente, brasileira que visou à produção de riquezas (Associação Brasileira da Indústria do café - ABIC, 2012).

A safra 2012 foi a maior (em milhões de sacas) dos últimos anos, com destaque para os maiores produtores mundiais de café, o Brasil, com 50,8, seguido pelo Vietnã 22,0, Indonésia 10,9, Colômbia 8,0, Etiópia 6,5, Honduras 5,4, Índia 5,2, México 5,1, Guatemala 3,5 e por fim, Uganda com 3,0 milhões. Nas Américas predominam o cultivo do café arábica e na África e Ásia, o robusta. Segundo a International Coffee Organization - ICO (2013), a produção mundial de café, nos últimos cinco anos, situou-se, em média, em 132 milhões de sacas de 60 Kg/ ano.

A área plantada, com as espécies arábica e conilon no País, totaliza 2.375,79 mil hectares. O resultado mostra um crescimento de 1,99% sobre a área de 2.329,36 hectares, existentes na safra 2012, ou seja, foram acrescentados 46.428,8 hectares. Em Minas Gerais está concentrada a maior área com 1.241,12 mil hectares, predominando a espécie arábica com 97,7%. A área total estadual representa 52,49% da área cultivada com café no País e, conseqüentemente, o primeiro do ranking nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2011).

Ainda de acordo com os dados da Conab, no Espírito Santo encontra-se a segunda maior área plantada com café, totalizando 496,76 mil hectares, sendo 308,08 mil hectares com a espécie conilon e 188,68 mil hectares com a arábica. O estado é o maior produtor da espécie conilon, com participação de 77,3% na produção do país.

2.2 Consumo de café no Brasil

O hábito de tomar café está intimamente ligado ao dia a dia do povo brasileiro, e a cada dia tal hábito vem ganhando novos adeptos. No período compreendido entre Novembro/2011 e Outubro/2012, a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ registrou o consumo de 20,33 milhões de sacas, representando um acréscimo de 3,09% em relação ao período anterior correspondente (Nov/10 a Out/11), que havia sido de 19,72 milhões de sacas, como pode ser observado na Figura 1.

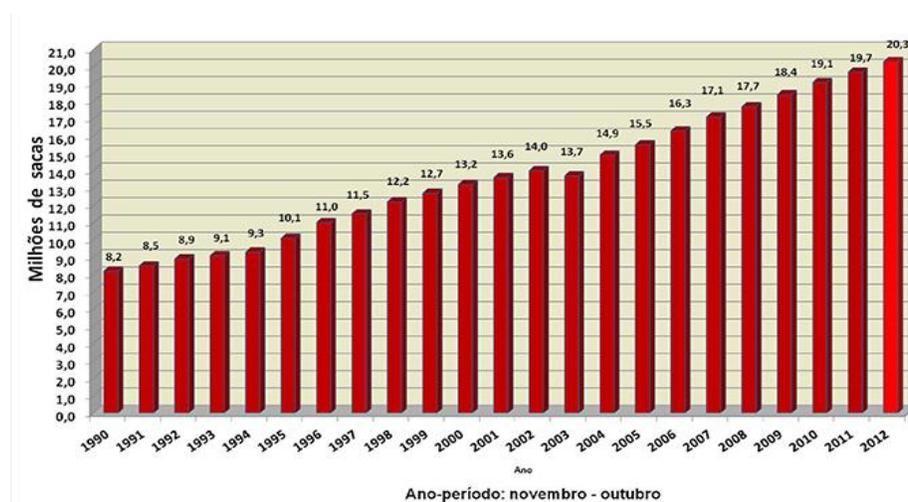


Figura 1 Evolução do Consumo interno de café no Brasil

Fonte: ABIC (2013)

Esse resultado mostra que o país ampliou seu consumo interno de café em 610 mil sacas nos 12 meses considerados. As empresas associadas da Associação Brasileira da Indústria do café - ABIC, que participam deste levantamento informando os volumes produzidos mensalmente, mostraram uma evolução mais significativa, de 6,05% em relação a 2011. Este resultado, que mostra que as empresas associadas da ABIC cresceram mais do que o valor total do mercado, indica que elas estão oferecendo produtos mais diferenciados, de melhor qualidade, e muitas trazem os símbolos de certificação de qualidade, o Selo de Pureza ABIC ou o Selo de Qualidade Programa de qualidade do Café - PQC, o que parece atrair mais os consumidores, fazendo com que o seu resultado seja melhor. O consumo per capita foi de 6,23 kg de café em grão cru ou 4,98 kg de café torrado, quase 83 litros para cada brasileiro por ano, registrando uma evolução de 2,10% em relação ao período anterior. Os brasileiros estão consumindo mais xícaras de café por dia e diversificando as formas da bebida, durante o dia, adicionando ao café filtrado consumido nos

lares, também, os cafés expressos, cappuccinos e outras combinações com leite. Esse consumo de 4,98 kg / hab. / ano supera o de 1965 tornando-se o maior consumo já registrado no Brasil, um verdadeiro recorde. Continua sendo, também, maior que os da Itália, da França e dos EUA.

Destaca-se o aumento na procura por formas de preparação em monodoses, isto é, cafés preparados para uma única xícara, como os expressos, os cafés em sachês, as cápsulas e os serviços de preparação em coadores e filtros, para uma única xícara feita na hora de café filtrado (ABIC 2013).

2.3 Qualidade do café

A definição da qualidade de um produto é dificultada por existir uma relação de dependência do mesmo com o mercado de destino, assumindo o consumidor um papel preponderante neste contexto. De maneira abrangente, pode ser definida como o conjunto de características físicas, sensoriais, higiênico-sanitárias e químicas que induzem a aceitação do produto pelo consumidor (SILVA, 2005). Atributos de qualidade de um alimento, como aparência, sabor, odor, textura, valor nutritivo e segurança, apresentam alta variabilidade em termos de importância, em razão das diferentes prioridades de cada segmento da cadeia de comercialização, do produtor ao consumidor. Comerciantes e distribuidores, geralmente, consideram a aparência como atributo de maior relevância, e os consumidores, além dos aspectos externos, preocupam-se com as características sensoriais (aroma e sabor).

Para o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (DAROLT, 2003), numa escala de valores, a qualidade permite avaliar e, conseqüentemente, aprovar, aceitar ou recusar determinado tipo de produto. Nesse caso, a palavra “qualidade” agrupa certo número de aspectos importantes para um entendimento

global ou sistêmico do processo. Analisar e comparar a qualidade nesta perspectiva é uma tarefa complexa, porém, permite uma maior probabilidade de acerto na escolha de um alimento que ofereça mais segurança para a saúde humana (SILVA, 2005).

Nesse sentido, procura-se analisar os alimentos considerando aspectos referentes à saúde humana, à qualidade, além dos agronômicos, sensoriais, nutricionais, sanitários e ambientais, avaliando níveis de resíduos de agrotóxicos, entre outros.

No Brasil, a Associação Brasileira da Indústria do café - ABIC, em 1989, criou o selo de pureza, que visa proporcionar ao consumidor a segurança de estar adquirindo um café livre de impurezas, sem adulteração ou fraudes. Este selo, contudo, não garante a qualidade da bebida.

O Instituto Adolfo Lutz avaliou, em 1999, em 348 cidades brasileiras, 1.854 amostras de café. Em 354 amostras foram constatadas impurezas ou adulterações, como a adição de milho, soja e centeio, entre outros produtos. Entretanto, em 2010, nova avaliação foi realizada e cerca de 40% das amostras, ainda, continham algum tipo de adulterante (ABIC, 2010).

Os cuidados na torração e moagem, além de mesclas bem elaboradas, também, são responsáveis pela obtenção de um produto de boa qualidade. A definição objetiva da qualidade de um produto é complexa, pois existe uma relação de dependência do mesmo com o mercado de destino e, neste contexto, o consumidor assume papel importante. Em uma pesquisa realizada pela ABIC (2009), concluiu-se que o conceito de qualidade, para o consumidor de café, está associado a fatores combinados como o sabor, o aroma, a cor e a consistência do pó.

A qualidade do café depende de vários fatores, principalmente do local, da forma de cultivo, colheita e processamento. Deficiências em nutrientes e o uso inadequado de medidas de proteção contra doenças do café levarão à

produção de baixos padrões qualitativos do produto (CHALFOUN; CARVALHO, 2001). A exemplo de outros alimentos verifica-se, para o caso do café, uma preocupação mundial com a detecção de agentes danosos à saúde. Neste aspecto, devemos considerar, portanto, a grande iniciativa do estado de Minas Gerais, que vem cada vez mais ganhando destaque na produção de cafés diferenciados de excelente qualidade, principalmente em função da produção de cafés em altitudes elevadas (SILVA et al., 2008).

Na cadeia produtiva do café, um ponto que deve ser mencionado é a crescente preocupação com a qualidade nas torrefadoras, na última década, fruto de mudanças nas preferências dos consumidores. Muitos deles estão dispostos a pagar mais por produtos que possuam alguns atributos desejados, que podem incluir parâmetros tangíveis ou intangíveis. Essas possibilidades de segmentação e diferenciação estão entre os fatores mais relevantes que influenciam a competitividade dos produtos agroindustriais. Em consequência disso, alguns atributos de qualidade, passíveis de certificação, estão sendo incorporados como instrumento de concorrência do produto final. A crescente demanda, particularmente em países desenvolvidos, por produtos saudáveis e corretos sob o aspecto social, possibilita a incorporação de novos atributos de qualidade (GIOVANNUCCI, 2012).

2.3.1 Qualidade dos grãos para cafés industrializados

O setor empresarial tem buscado a consolidação de bebidas peculiares direcionadas aos diferentes tipos de consumidores. Nesse sentido, pode-se citar o crescimento do mercado para os denominados cafés regionais, cafés Gourmet e cafés aromatizados, comercializados, principalmente, em cafeterias, nas cidades

com maior número de habitantes como as capitais e por empresários da cafeicultura com marcas próprias.

Segundo Giovannucci (2012), cafés diferenciados contribuem de forma expressiva para a indústria de café, uma vez que atraem e estimulam o interesse do consumidor por novos produtos. Para o consumo interno, existe a oferta de cafés de diferentes qualidades variando desde cafés de baixa qualidade, que contém vários tipos de defeitos aos cafés especiais; além disso, é prática comum a realização de misturas de cafés arábica com robusta, objetivando, principalmente, maiores lucros em função do menor preço deste último. Desta forma, o consumidor comum não faz distinção entre os cafés, nivelados pela baixa qualidade (LEME, 2007; SAES; JAYO, 1998). Existem mercados com preferência definida com relação à qualidade dos grãos; assim, as misturas são estabelecidas de acordo com a origem do café, aspectos físicos, sensoriais e preferência do consumidor.

As espécies *Coffea arabica* L. (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre (café robusta) são as únicas cultivadas em grande escala nas regiões cafeeiras do mundo e, de acordo com a literatura, representam, praticamente, 100% de todo o café comercializado, com o café arábica participando com cerca de 70% na produção mundial e o café robusta com 30% (ABIC, 2013).

O café arábica apresenta melhor qualidade, com bebida de maior valor, alcançando preços superiores aos robustas, cuja bebida é considerada neutra, muito usada nas mesclas e na indústria de solúvel. Este é favorecido pelo preço mais reduzido e pela maior concentração de sólidos solúveis, o que representa um maior rendimento industrial. Entretanto, o fator qualidade, ainda constitui uma preocupação para os consumidores e para as autoridades sanitárias visto que este produto ainda é alvo de adulterações (JHAM et al., 2008, OLIVEIRA et al., 2009, PAULI; VALDERI; NIXDORF, 2011).

É comum torrar misturas de cafés de vários tipos, espécies, locais de cultivo, idades, porém, da heterogeneidade dos grãos resultam cafés torrados em diferentes graus de torração, características estas indesejáveis à obtenção de um bom sabor.

As indústrias de torrefação, visando driblar a retração da economia, principalmente em razão da crise econômica de 2008, têm hoje, como grande desafio, a conquista do consumidor brasileiro que se torna cada dia mais exigente e mais atento às novidades do mercado. Um deles é a preservação da fidelidade deste mercado consumidor, que está intimamente relacionada com a qualidade do produto a ser oferecido, exigência que envolve, principalmente, a satisfação ao consumir um café torrado e ou moído com características sensoriais agradáveis (MENDONÇA et al., 2003).

2.4 Composição química dos grãos de café

A composição química do café depende de sua variedade, manejo utilizado no processamento de colheita e pós-colheita, além da composição química do grão que, durante a sua industrialização, passa pela etapa de torração onde ocorrem diversas reações pelas quais os constituintes do grão cru são modificados, dando origem a novos componentes químicos que são formados e/ou transformados, por meio de diversas reações como reação de Maillard, degradação de Strecker, degradação de proteínas, polissacarídeos, trigonelina e ácidos clorogênicos (FARAH; TRUGO; MATIN, 2005; MARIA et al., 1996).

Segundo Clifford (1985), a composição química do grão de café cru varia de acordo com a espécie ou variedade de planta, região, altitude, solo, condições de manejo pré e pós-colheita.

Durante a torração, ocorre a degradação de polissacarídeos, açúcares, aminoácidos e ácidos clorogênicos, e um aumento moderado em relação a ácidos orgânicos e teor de lipídios (BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004).

A composição química do grão é responsável pelas características qualitativas da bebida, sendo precursora dos compostos que conferem o sabor e o aroma do café pelo processo de torração. Os compostos químicos sofrem influência relacionada à cultura, à colheita, à pós-colheita e à industrialização.

O aroma peculiar do café é proporcionado pela presença de compostos voláteis, principalmente, na forma de aldeídos, cetonas e ésteres metílicos, que são formados durante a torração e ficam retidos na estrutura celular dos grãos torrados (PIMENTA, 2003).

Segundo Clarke e Vitzthum (2001), durante a torração, a sacarose é rapidamente degradada a um conteúdo mínimo no café torrado. Trugo e Macrae (1985) avaliaram amostras de amostras de cafés arábica e robusta, relatando que a perda de sacarose durante a torração média foi elevada, aproximadamente 97% e com a torração escura 99%. Em média, o conteúdo de sacarose para café arábica e robusta torrados é de 0.24% e 0.33%, respectivamente, e de 0.08% a 0.11% nos cafés torrados descafeinados (CLARKE; VITZTHUM, 2001).

Os cafés arábica e conilon podem ser caracterizados pelos teores de cafeína, ácido nicotínico, ácidos clorogênicos e álcoois diterpênicos (caveol e cafestol) (RUBAYIZA; MEURENS, 2005; SPEER; KOLLING-SPEER, 2006). A influência destes compostos específicos na saúde tem sido investigada, destacando-se, além do valor nutricional, sua atividade antioxidante e a redução de risco de doenças degenerativas pela presença de compostos bioativos como os ácidos clorogênicos (ABRAHÃO et al., MOREIRA et al., LIMA et al., 2013).

Para diterpenos são descritos efeitos hepatoprotetor e anticarcinogênico, mas também a elevação do colesterol, atribuída ao cafestol (HIGDON; FREI, 2006). Estes compostos têm sido, ainda, estudados como ferramentas de

discriminação das espécies, mas muitas vezes as concentrações variam, também, em função da ordem geográfica e da intensidade da torração (CAMPANHA et al., 2010; KY et al., 2001; OOSTERVELD; VORAGEN; SCHOLS, 2003).

A cafeína é um alcaloide que representa relativa estabilidade ao processo térmico e contribui para o amargor da bebida (FARAH; TRUGO; MATIN, 2005; FRANÇA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005).

A trigonelina, outro alcalóide do café, é parcialmente degradada durante a torrefacção, produzindo outros compostos bioativos, como a niacina (vitamina B3) e o N-metilpiridínio. Este último composto é descrito como ativador do sistema antioxidante endógeno, em animais. O grau de torrefacção influencia a proporção destes compostos, tendo os cafés mais claros um maior teor de ácidos clorogênicos e os mais escuros de melanoidinas, N-metilpiridínio e niacina. Por vezes são produzidas misturas de cafés com diversos graus de torrefacção, de modo a tirar partido do conjunto desses compostos, contribuindo, ainda para a formação do aroma intenso do café (NOGUEIRA; TRUGO, 2003).

Os polifenóis, com a torração, contribuem de maneira significativa para o aroma e sabor do produto final, sendo considerados responsáveis pela adstringência dos frutos. Eles estão presentes em quase todos os vegetais e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias, umas com estruturas químicas simples e outras complexas, como os taninos e as ligninas (RAMIREZ, 1987).

O teor de polifenóis tende a ser maior para frutos de café submetidos a uma colheita antecipada, sofrendo diminuição gradativa com o prolongamento na época de colheita (PIMENTA; VILELA et al., 2001). Tais resultados foram associados à grande quantidade de frutos verdes existentes nas primeiras épocas de colheita. Também se mostraram crescentes, com o aumento dos níveis de adição de defeito verde em cafés de bebida estritamente mole, como mostra o trabalho de Abreu, Carvalho e Botrel (1996). Os frutos verdes apresentam-se

com maior teor de polifenóis e, conseqüentemente, maior adstringência que os maduros. Pode-se deduzir, de acordo com estes autores, que a adição crescente de defeitos verdes ao café estritamente mole confere-lhe maior adstringência.

O ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) é o representante majoritário do grupo dos ácidos clorogênicos, principais compostos fenólicos do café, e pode ser degradado em diferentes intensidades durante a torração, originando também, pigmentos e compostos voláteis aromáticos (FARAH; TRUGO; MATIN, 2005; KY et al., 2001; MOREIRA et al., 2000). Os diterpenos cafeol e cafestol, encontrados somente no café (SPEER; KOLLING-SPEER, 2006), estão presentes na fração lipídica insaponificável e são pouco sensíveis ao

No café, os lipídeos desempenham um importante papel na qualidade, particularmente em relação às propriedades sensoriais (aroma e sabor). Os lipídeos no café não contêm apenas triglicerídeos, mas uma proporção considerável de outros compostos. De acordo com Clarke (1986), a quantidade média de lipídeos na espécie arábica é de 15% e na espécie *Canephora*, de 10%, na matéria seca. Em grãos de café arábica e robusta, Lercker et al. (1996) encontraram teores equivalentes a 11,4% e 6,1%, respectivamente. Miya et al. (1974) relataram um aumento na porcentagem de ácidos graxos livres com o aumento da intensidade de injúrias de grãos defeituosos.

A acidez, em muitos alimentos, é importante na formação das propriedades do *flavor*. Cafés crus, previamente classificados como sendo de bebida estritamente mole, apenas mole, mole, dura, riada e rio, tiveram a acidez avaliada por Carvalho et al. (1994). Os autores observaram uma diminuição da acidez com a melhoria da qualidade da bebida.

Os teores de acidez titulável nos grãos de frutos colhidos na planta em diferentes épocas, classificados como bebida dura foram estudados por Pimenta e Vilela et al., (2001). Maiores valores de acidez foram observados nos frutos obtidos pela colheita antecipada. À presença de uma maior quantidade de frutos

verdes nas primeiras épocas de colheita foi atribuída a responsabilidade deste aumento. Ainda com relação à acidez titulável, Godinho et al. (2003) verificaram diferenças significativas entre os cafés em coco e beneficiado durante o armazenamento. O café em coco apresentou menores índices de acidez, quando comparado ao beneficiado, a partir do terceiro mês.

Em estudos realizados por Coelho (2000) e Pereira (1997) foram revelados declínios nos valores de acidez em cafés de bebida estritamente mole com a adição de grãos verdes.

O teor de água presente no café cru depende do tipo de grão e da forma como foi realizada a secagem na pós-colheita. Além disso, outros fatores podem influenciar como tempo de armazenamento, umidade relativa do ar, a temperatura e aeração. Altos teores de água favorecem o maior desenvolvimento de microrganismos, levando, na maioria dos casos, à perda de qualidade do produto. Pesquisando teores de água em cafés estritamente mole, Pereira (1997) verificou um declínio nos mesmos, à medida que se aumentou a quantidade dos defeitos verde, ardido e preto.

As proteínas presentes no café encontram-se livres no citoplasma ou ligadas a polissacarídeos de parede celular, sendo completamente desnaturadas durante a torração (COELHO, 2000). Elas ainda originam vários compostos voláteis e não voláteis responsáveis pelo sabor e aroma do café torrado (LOPES, 2000). Tais teores foram estudados por Pimenta e Vilela et al., (2001), em cafés de bebida dura, verificando uma diminuição no teor de proteína bruta com o aumento no tempo de espera dos cafés no terreiro antes da secagem. Os resultados, de acordo com os mesmos autores, indicam que a indução de processos fermentativos pode acarretar perda de proteínas, possivelmente por degradação.

Os sólidos solúveis presentes no café são de grande importância para a qualidade da bebida e para o rendimento industrial na produção do café torrado e

solúvel, sendo relevante o conhecimento do café de maior conteúdo desses sólidos. Teores de 33,33% a 35,00% de sólidos solúveis foram verificados por Fernandes et al. (2003), para cafés de bebida dura. Segundo estes mesmos autores, uma maior quantidade deste componente é desejável para assegurar o corpo da bebida. Pimenta, Costa e Chagas (2000) verificaram, em seu trabalho, baixos teores de sólidos solúveis em cafés colhidos no estágio verde.

A grande diversidade na composição química dos diferentes compostos presentes no café, durante a torração, influencia diretamente no desenvolvimento de sabores e aromas e pode variar em função das localizações dos plantios, controle de pragas e doenças, processamento agrícola e incidência de defeitos.

2.5 Torração

Durante a torração, muitos compostos químicos são formados no café e ocorre alteração em grande parte dos já contidos no grão de café cru, por isso é de grande importância o estudo dos mesmos já que irão interferir na qualidade da bebida. É durante esse processo que ocorre a formação do aroma, *flavor* e cor característica dos grãos de café torrados. É um processo dependente do tempo-temperatura, por meio do qual são induzidas mudanças químicas nos grãos crus, embora, também, sejam evidentes mudanças físicas acentuadas na estrutura do café. Os grãos de café são submetidos a altas temperaturas por diferentes tempos dependendo das características desejadas para o produto final (ALESSANDRINI et al., 2008).

Industrialmente, consiste, basicamente, no aquecimento dos grãos a 200-240°C por 10 -15 min. No decorrer do processo há mudanças em toda a estrutura do grão, bem como em sua composição, a água residual é convertida em vapor e ocorre uma série de reações químicas complexas entre os açúcares, proteínas, polifenóis e lipídeos contidos no seu interior. Os amidos transformam-se em

açúcares simples, alguns ácidos são produzidos, enquanto outros são eliminados, as estruturas celulares básicas dos grãos, acabam por se desintegrarem, fazendo com que ocorra expansão e as proteínas são desmembradas transformando-se em peptídeos e aminoácidos. A trigonelina e os ácidos clorogênicos são compostos fortemente afetados pelas condições térmicas de torrefação (MORAES, 2002).

O pH do extrato de café diminui até atingir um valor mínimo, aumentando em seguida; a concentração de cafeína permanece constante uma vez que a mesma é termo resistente; e a razão 5-ACQ/cafeína permanece, aproximadamente, constante durante a fase de secagem e diminui a uma taxa constante durante a fase de pirólise. A razão trigonelina/cafeína diminui, após o ponto de pH mínimo ser atingido, em razão da decomposição da trigonelina em ácido nicotínico. Ocorre uma perda de matéria seca, principalmente, na forma de CO₂ e água, e outros produtos voláteis da pirólise. Após numerosas e complexas reações pirolíticas que transformam os precursores dos grãos de café verde em componentes do café torrado, trazendo a diminuição da temperatura, até a temperatura ambiente (CLARKE; MACRAE, 1985).

França, Mendonça e Oliveira (2005) estudaram os compostos voláteis dos grãos de café verde e torrado, em diferentes temperaturas de torração. A extração e concentração do extrato foram obtidas por micro extração de fase-reversa, e foram analisados os compostos voláteis por cromatografia gasosa com espectrofotômetro de massa. Os resultados obtidos demonstraram a separação dos compostos em razão da temperatura de torração.

O processo de torrefação origina mudanças profundas na composição química do café, gerando derivados da reação de Maillard, caramelização de carboidratos e pirólises. Essas alterações conferem ao café sabores e aromas peculiares, e podem ser determinantes para as atividades biológicas da bebida (CLARKE; MACRAE, 1985; VILAS-BOAS et al., 2001).

Os produtos da reação de Maillard, não são exclusivos do café, e podem ser encontrados em outros alimentos submetidos a altas temperaturas, via interações entre os compostos e grupamentos aminos e carbonílicos. Vários estudos têm demonstrado que os produtos da reação de Maillard apresentam atividade antioxidante *in vitro*. No entanto, o mecanismo de ação destes compostos ainda não é bem conhecido. Alguns pesquisadores revelam a importância de se estudar a atividade antioxidante dos produtos da reação de Maillard na tentativa de identificar compostos “naturais” como substitutos para antioxidantes sintéticos (BAGGIO, 2006).

Observa-se que as principais implicações da reação de Maillard em alimentos e nos sistemas biológicos são muito diversas e influenciam em quase todos os aspectos como químicos, sensoriais, nutricionais, toxicológicos e manifestações *in vivo*. Os aspectos químicos estão relacionados com o mecanismo da reação, com o isolamento e identificação dos produtos intermediários e com a estrutura e propriedades dos produtos finais (melanoidinas). Os aspectos sensoriais dizem respeito ao desenvolvimento de aromas e sabores, à modificação de propriedades físico-químicas e ao fenômeno de escurecimento. Os aspectos nutricionais consideram, essencialmente, a perda de aminoácidos (lisina, arginina, entre outros) e de valor nutritivo das fontes de proteína. Os aspectos toxicológicos estão estreitamente relacionados com a formação de mutagênicos e de antimutagênicos. Finalmente, as manifestações dos produtos da reação de Maillard *in vivo* estão diretamente relacionadas à atividade antioxidante (SGARBIERI, 1996).

Como o café normalmente é torrado em graus diferentes, a intensidade dessas alterações, também, pode variar nos diferentes tipos de bebida, clara, média e escura. Segundo as pesquisas, a torração média é a mais indicada para consumo humano, entretanto as torrações muito escuras, são empregadas principalmente nos cafés de baixa qualidade, com o intuito de encobrir defeitos

e/ou impurezas presentes, o que ocasiona um sabor de queimado e perda de corpo da bebida e compostos bioativos. O processo de torrefação é decisivo para a composição do produto final (PEREIRA et al., 2002).

A cor é o principal parâmetro utilizado para a descrição dos níveis de torração. Tal classificação dá-se de acordo com a luminosidade da cor (L^*), como claro, médio e escuro. Segundo Campanha et al. (2010), os valores de L^* correspondentes a cafés com torração escura podem variar entre 13 e 21. Em trabalho de caracterização de cafés comerciais adulterados com palha e casca, Souza et al. (2010) observaram valores de L^* entre 19 e 21.

2.6 Moagem

Para ser consumido, o café torrado em grão necessita ser reduzido a pequenas partículas. Esse procedimento é conhecido como moagem, embora nem todos os processos de quebra da estrutura dos grãos, sejam de fato, uma moagem. Há diversos modos de se preparar a bebida do café: quebra, trituração ou esmagamento dos grãos de café torrado. A ruptura das células do grão do café, afirma Sivetz (1963), aumenta a velocidade de extração e o rendimento desses compostos.

Existem várias formas de se extrair a bebida e cada uma delas exige uma moagem e granulometria adequadas que irão garantir a máxima extração de seus constituintes. O principal objetivo do processo é aumentar a superfície de contato, propiciando no momento do preparo uma maior proximidade entre a água e os componentes solúveis do café torrado, facilitando, assim, a extração dos mesmos e, também, o arraste e liberação dos componentes voláteis existentes no café torrado e moído (ILLY; VIANI, 1997).

A moagem ideal para cada método de preparação vai depender do tempo que cada café fica em contato com a água e a sua temperatura (NASCIMENTO, 2006). Este processo, em geral, é realizado na indústria antes da etapa do empacotamento ou pelos consumidores em suas casas ou no próprio local onde adquirem o café torrado em grão.

A geometria dos grãos de café torrado é, relativamente, simples e apresenta dois níveis de complexidade, o nível macroscópico e microscópico. Sob o aspecto macroscópico o grão é formado por uma camada de tecidos sólida com formato elipsoide. Em nível microscópico, é composto de células de diferentes formatos, tendo os espaços entre si preenchidos com uma massa formada por açúcares, proteínas, ácidos clorogênicos e lipídeos protegidos por uma parede de polissacarídeos (ILLY; VIANI, 1997).

Estudo feito por Petrocco e Marega (1991) teve como objetivo avaliar a geometria do grão de café torrado e moído, o estudo foi feito por simulação em computador utilizando o método de elemento finito. Os resultados mostraram que, quando o processo de trituração é realizado com uma mistura de grãos inteiros, e parcialmente triturados ou quebrados, há uma tendência de se produzir partículas dos mais diversos tamanhos, concluindo-se que para se obter uma melhor moagem deve-se repartir o processo em duas etapas:

- a) Fase de trituração onde as estruturas dos grãos são quebradas em pequenos fragmentos de aproximadamente 1 milímetro.;
- b) Na segunda fase os fragmentos devem ser submetidos a uma força de cisalhamento com objetivo de aumentar a quantidade de fragmentos e, também, de modelar o formato dos mesmos (ILLY; VIANI, 1997).

Atualmente a indústria pode contar com dois sistemas de moagem; o sistema de impacto, utilizado nos moinhos a martelo e o sistema de espaços ou lacunas, utilizado nos moinhos de rolo e moinhos disco. A moagem de impacto é feita por uma serie de lâminas cortantes que rodam em alta velocidade, provocando choque entre os grãos de café que entram em contato com estas lâminas, fazendo com que os mesmo passem por meio de peneiras finas. Este sistema lembra o processo feito com os pilões, também chamada moagem por compressão (ILLY; VIANI, 1997). Em decorrência do atrito gerado entre os grãos de café e as lâminas, há um aquecimento do sistema, fazendo com que alguns compostos voláteis sejam liberados, o que vai ocasionar uma perda de aroma no momento do preparo da bebida.

O sistema de lacunas é baseado na passagem dos grãos por meio de rolos ou discos. A geometria e regulagem destes equipamentos fazem com que os grãos passem por meio dos pares sendo quebrados ou triturados tomando a forma e o tamanho desejados.

Moinhos de rolo são sistemas providos de rolos redondos, estriados e perfurados que permitem a passagem de água para manutenção da temperatura, para que não haja aquecimento das partículas de café torrado no momento da moagem conservando mais os componentes voláteis. Os moinhos de rolo são constituídos de dois, três, quatro e cinco conjuntos de rolos que permitem a redução progressiva do tamanho das partículas. Fatores mecânicos como o ajuste da distância entre os rolos, o estado de conservação dos rolos, também, podem influenciar na eficiência do processo de moagem. Os moinhos de disco são constituídos de um par de discos justapostos, a moagem neste caso é realizada com a ajuda da força de centrifugação, pois os grãos de café ficam girando entre os discos até que atinjam o tamanho desejado.

Na indústria torrefadora os graus de moagem do café são definidos como grosso, médio e fino, seguindo estritamente as recomendações dos

fabricantes de moinhos, sem, no entanto, ter embasamento suficiente para correlacionar as características do processo com a composição química e a qualidade final do produto. Entretanto é na prática, ou seja, o método de filtração ou extração que definirá as características de moagem do pó de café (MORAES, 2002).

A uniformidade da moagem depende da fragilidade, do grau de umidade residual, do grau de torração que o café torrado em grão possuirá e do sistema de moagem utilizado, os sistemas de rolo que apresentam moagem progressiva propiciam uma melhor uniformidade (CLARKE; MACRAE, 1985).

Andueza, Peña e Cid (2003) verificaram que a extração de sólidos e compostos solúveis, como trigonelina e ácido clorogênico, sofreu um incremento inversamente proporcional ao tamanho da partícula e o conteúdo de cafeína aumentou significativamente com a diminuição do tamanho da partícula.

2.7 Adulteração em cafés torrados e moídos

A detecção de impurezas é uma preocupação frequente em cafés torrados e moídos, principalmente, para avaliar a ocorrência de fraudes. O termo fraude significa a mistura, intencional ou não, de materiais estranhos ao café, normalmente de custo inferior ao produto, e que alteram sua qualidade e podem vir a causar danos ao consumidor. No Brasil as impurezas encontradas no café torrado e moído são: cascas e paus, milho torrado, soja, centeio, cevada, milho torrado, soja, centeio, cevada, trigoilho, arroz entre outros (ASSAD et al., 2002).

O café começou a ser adulterado na década de 70, durante o período de tabelamento dos preços. O percentual de adulteração no produto torrado e moído chegou a 36%, sendo o milho o adulterante encontrado em maior quantidade (ABIC, 2012).

A legislação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA (1999) do Ministério da Saúde, que até 2005 admitia um teor máximo de 1% de cascas e paus como impureza (Portaria n° 377 de 1999), foi revogada pela resolução n° 277 de 2005 e atualmente não determina mais nenhum limite de impurezas, ou seja, 100% café. Este subproduto do beneficiamento do café é de baixo custo e apresenta algumas características sensoriais semelhantes as de café torrado. Além disso, o acréscimo destes fragmentos permite a redução de custos dos cafés vendidos no mercado interno. Estes adulterantes podem interferir na formação do aroma e sabor do café comprometendo a satisfação do consumidor, provocando uma acentuada queda de qualidade da bebida (MENDONÇA et al., 2003).

A Instrução Normativa n. 16 de 24 de maio de 2010 estabelece com 1% o percentual máximo em conjunto de impurezas (cascas e paus), sedimentos (pedras, torrões e areias) e matérias estranhas (milho, centeio, açúcar, cevada, sementes de açaí) permitido no café torrado em grão e torrado e moído e que, quando analisada isoladamente, o percentual de substâncias estranhas permitido no café é de 0,1%. Segundo a Normativa, se forem detectados níveis de impurezas acima do percentual permitido, o café será considerado “fora de tipo” (BRASIL, 2010). Entretanto, a IN 16 foi anulada, sem embasamentos técnicos consubstanciados, no dia 27 de fevereiro de 2013.

Ao serem moídos em misturas ao café, esses materiais estranhos são mascarados pela adsorção do óleo e aderência das partículas finas do pó de café às superfícies, tornando-se difícil seu reconhecimento sem o auxílio de métodos analíticos precisos (MENEZES JUNIOR, 1952).

Para eliminar divergências na interpretação dos resultados e agilizar os atuais métodos de detecção de fraudes em café torrado e moído, foi estabelecido um método baseado na análise por imagem e fundamento do princípio de que diferentes materiais de origem orgânica, como pó de café, podem apresentar

refletâncias distintas em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético (ASSAD et al., 2002). Os autores partiram da hipótese de que o pó de café adulterado, quando submetido a uma fonte artificial de iluminação, apresenta uma refletância, nos canais vermelho (R), verde (G) e azul (B), diferente em relação ao pó de café não adulterado. Após as etapas de limpeza, secagem e homogeneização, foram geradas imagens multiespectrais das amostras de café, por meio de lupa acoplada a uma câmara CCD. A quantificação de impurezas na amostra foi obtida, utilizando-se curvas de calibração entre a área relativa obtida pela classificação supervisionada de imagens e a porcentagem de impurezas presentes nas amostras. Ainda, segundo ASSAD et al., 2002, esse novo método permite agilidade da resposta, ausência de subjetividade nos resultados e não destruição das amostras analisadas, e assegura um patamar mínimo de detecção de 95% das impurezas do produto.

Por meio da caracterização e análise comparativa do perfil de compostos voláteis de café puro, cevada pura e misturas com 1%, 10% e 50% de cevada adicionada ao café em vários graus de torração, pode-se verificar a viabilidade de detecção de fraudes em café com cevada. Tal metodologia, foi desenvolvida por meio da cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (GC-MS), e para obtenção dos compostos voláteis aplicou-se a técnica de “headspace” em conjunto com fibras de micro-extração em fase sólida (SPME) para concentração dos voláteis. Com essa metodologia, pode-se observar que quanto mais elevado o grau de torração, maior a discriminação das amostras adulteradas, permitindo também identificar adulterações das misturas com 1% de cevada em café para amostras com grau de torração elevado (OLIVEIRA et al., 2009).

2.7.1 Resíduos do fruto do cafeeiro

A cafeicultura dá origem a um volume elevado de resíduos, principalmente a casca de café, cuja utilização tem sido objeto de vários estudos (VEGRO; CARVALHO, 1994).

O fruto do cafeeiro é constituído pela casca (exocarpo), polpa mais mucilagem ou goma (mesocarpo), pergaminho (endocarpo), película prateada (perisperma) e semente (endosperma), que constitui o grão propriamente dito (CLARKE; MACRAE, 1985). Cada parte tem uma composição química característica e tal composição pode sofrer alterações nas diferentes etapas da produção.

O exocarpo ou (casca) é constituído de carboidratos solúveis, com predominância da celulose e hemicelulose que, em conjunto com outros compostos (ceras, ligninas, etc.), funcionam como barreira protetora contra as injúrias e outras adversidades do meio, como as altas temperaturas e umidade e atuam como regulador da perda de água durante o processo de secagem (ILLY; VIANI, 1997). No Brasil, o preparo do café é feito, principalmente por via seca e um dos subprodutos gerados é a casca de café (ABIC, 2003).

A mucilagem está associada à polpa e representa em torno de 5% do peso seco do fruto, constitui uma capa de aproximadamente 0,5 a 2mm de espessura e está fortemente aderida ao endocarpo ou (pergaminho) que envolve o grão de café e, quimicamente, é constituída principalmente por água, pectinas, açúcares e ácidos orgânicos (BRESSANI; ESTRADA; JARQUIN, 1972).

Segundo Matiello (1991), a polpa é o resíduo do despulpamento de frutos tipo "cereja", sendo composta pelo epicarpo e por parte do mesocarpo. A polpa é o primeiro resíduo gerado no processamento do fruto do cafeeiro e representa cerca de 29% da matéria seca do fruto. A quantidade de polpa presente no fruto tipo cereja depende do estado de maturação, das condições

climáticas dominantes, durante o desenvolvimento dos frutos e da variedade de cafeeiro cultivada. A polpa é constituída, predominantemente, por carboidratos, proteínas, cafeína e taninos, além de potássio, nitrogênio e sódio.

A palha melosa do café (casca de café sem pergaminho), composta pela mucilagem ou mesocarpo e casca ou epicarpo, que muitas vezes contem grande quantidade de açúcares da polpa seca; é gerada pelo beneficiamento via seca do café por meio de processos mecânicos de ventilação. Esses processos separam o pergaminho da casca por diferença de densidade entre ambos. Pelos resultados de análises bromatológicas de diferentes cultivares da casca de café, observou-se que a casca melosa apresentava níveis maiores de proteína bruta e níveis menores de fibra detergente neutra e fibra detergente ácida (VILELA et al., 2001).

Yoshida (2005) estudou a significância das variáveis independentes que mais influenciam no processamento da casca de café, desde a sua torrefação até o processo de extração. Foram utilizadas quatro variáveis independentes de trabalho: tempo de torrefação, granulometria, massa da casca e volume de extrato coletado. Verificou-se que a percentagem efetiva de solúveis sofre influência significativa do tempo de torração; a percentagem efetiva de solúveis na primeira extração sofre influência significativa do tempo de torração e do volume de extrato; a relação (massa de solúveis da primeira extração/ massa total extraído) é influenciada pelo volume de extrato e pela granulometria da casca, a relação (massa total extraído/massa de extrato) sofre influência do tempo de torração e volume de extrato. Em todos os casos estudados, os efeitos de interação entre as variáveis podem ser negligenciados, a quantidade de pó utilizada para extração não se mostrou significativa em nenhum dos casos.

2.7.2 Emprego do milho como adulterante

Geralmente, os grãos do milho são amarelos ou brancos e contêm de 61-78% de amido, 6-12 proteínas, 2-4% fibra, 3-6% de óleo e 1-4% minerais, distribuídos de forma heterogênea nas quatro principais estruturas físicas que formam o grão: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta (PAES, 2010).

O milho tem sido um dos adulterantes mais utilizados para fraudar o café, em razão, principalmente, de seu baixo custo em relação ao café (JHAM et al., 2008). No entanto, não há relatos substanciais na literatura sobre o assunto.

2.7.3 Avaliação de fraudes em cafés adulterados por espectroscopia de infravermelho

De acordo com ABIC (2011), Leme (2007) e Oliveira (2007), durante anos, os cafés do mercado brasileiro eram de baixa qualidade e, muitas vezes, adulterados com impurezas, como cascas, milho e cevada, dentre outros. Na década de 1990 surgiram transformações no mercado interno e externo, várias ações foram realizadas a fim de melhorar a qualidade do café. Outros fatores que contribuíram para o aumento no consumo foram as campanhas de divulgação do produto e, também, pesquisas relacionadas ao café. Visando coibir a ação de fraudadores, a ABIC, realiza amostragens mensais dos cafés torrado e moído, nas marcas que tem o selo de pureza, a fim de identificar aquelas que não cumprem o regulamento técnico. Uma vez identificada, a empresa é punida e descredenciada do programa, ficando impedida de usar o selo de pureza. A nível governamental, o MPE de Minas Gerais, na falta de políticas públicas mais bem definidas, tem atuado de forma intensa no combate a fraudes no setor cafeeiro, não só na indústria, mas na comercialização como um todo.

Chama-se de impureza toda substância que não é café, resultante do mau beneficiamento do produto, como cascas, paus, areia, etc., enquanto misturas são os produtos adicionados ao café para fraudá-lo, como milho, cevada, caramelo. Uma substância é tanto mais propícia à fraude quanto maior for a sua semelhança com o café após a torração e moagem, disponibilidade e baixo custo (MENEZES JUNIOR, 1952).

Godinho et al. (2003) executaram metodologia para obtenção, identificação e quantificação de adulterantes no café torrado e moído comercialmente por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Foram avaliadas diversas extrações por solventes, das quais foi selecionada a que permitiu diferenciação entre os perfis da composição do café torrado puro e dos adulterantes torrados puros. Para a cevada, foi verificado que o composto marcador é afetado pelo grau de torração, sendo dessa forma, uma metodologia com desempenho considerado não satisfatório. No caso das cascas de café, a metodologia foi eficaz para identificação e quantificação do adulterante nas amostras de café.

Jham et al. (2008) avaliaram os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGs) como potenciais marcadores para a detecção de adulterantes em cafés (*Coffea arabica* L.) de seis diferentes variedades (Catuaí, Catucaí, Bourbon, Mundo Novo, Rubi e Topázio). Os autores determinaram a porcentagem de área média dos seguintes ácidos das variedades de café: palmítico (38,2%), esteárico (8,3%), oleico (8,7%), linoleico (38,5%), linolênico (1,6%) e araquidônico (3,6%). Também foram analisadas seis amostras de milho, seis marcas de cafés comerciais e uma amostra de café comercial intencionalmente adulterada com 5, 10 e 20% de milho. As razões (ácido linoleico/ácido esteárico) encontradas nos EMAGs do café e do milho foram significativamente diferentes, mas não foi possível utilizar esse marcador para detectar adulteração por milho em cafés comerciais, pois esta não foi maior no café adulterado do que no puro. As

menores proporções encontradas em amostras comerciais foram relacionadas ao processamento, armazenamento, entre outros.

A Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (DRIFTS) tem sido utilizada para a discriminação entre café torrado puro e café adulterado pela adição de casca de café e milho, empregando-se também a Análise de Componentes Principais (PCA). A técnica possui potencial para a detecção de adulterantes normalmente encontrados no café torrado e moído (REIS; FRANCA; OLIVEIRA, 2013). É uma técnica rápida e não destrutiva que tem sido muito utilizada em pesquisas para a autenticação de amostras de alimentos.

A análise de um alimento, usando a espectroscopia na região do infravermelho médio MIR ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$), revela informações sobre as ligações moleculares presentes e podem, portanto, fornecer informações importantes sobre os tipos de moléculas presentes no alimento (DOWNEY et al., 1996; REID; DONNELL; DOWNEY, 2006).

Os métodos usados em espectroscopia no infravermelho são simples, de custo-benefício favorável, rápidos e não destrutivos e poderiam servir como uma ferramenta potencial para a detecção de adulteração ou para análises de rotina de calibração adequada e procedimentos de validação com protocolos de aquisição de dados estabilizados (PARADKAR; SIVAKESAVA; IRUDAYARAJ, 2003).

A região mais usada é a do infravermelho médio, sendo esta utilizada na investigação de estruturas de compostos, em especial os compostos orgânicos (MESSERSCHIMIDT, 1999). Na região do infravermelho médio ocorrem as transições fundamentais, assim chamadas, pois a molécula passa do estado fundamental para o estado excitado. Tal característica torna a técnica excelente na caracterização de compostos orgânicos, pois cada ligação é característica de

um grupo funcional e apresenta uma vibração em uma frequência específica (SANTOS, 2005).

2.8 Análise sensorial

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para isto é preciso que haja entre as partes (indivíduos e produtos), contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado. Nesta avaliação, os indivíduos, por meio dos próprios órgãos sensoriais, numa percepção somato-sensorial, utilizam os sentidos da visão, olfato, audição, tato e gosto (INSTITUTO ADOLF LUTZ - IAL, 2008).

Segundo Della Lucia, Minin e Carneiro (2006), a análise sensorial 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. Ainda segundo a autora, a indústria de alimentos tem como principal objetivo identificar e atender às necessidades dos consumidores, uma vez que o mercado está cada vez mais competitivo. A análise sensorial é de fundamental importância neste processo, já que envolvem diversas técnicas que avaliam um produto quanto à sua qualidade sensorial, em várias etapas do seu processo de fabricação.

Os métodos descritivos são baseados nas escalas de intensidade e atributos sensoriais, estes são usados para avaliar ou correlacionar o nível de

degradação do produto (RUSTOM; LOPEZ-LEIVA; NAIR, 1996; VALLEJO-CORDOBA; NAKAI, 1994).

A ciência sensorial utiliza seres humanos como instrumentos de medida, permitindo, assim, o estudo sensorial e das propriedades sensoriais, por meio de painéis (KERMIT; LENGARD, 2005).

Para se obter um perfil sensorial da bebida preparada dentro dos padrões de consumo, são empregadas técnicas sensoriais descritivas e, também, quantitativas como a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), Perfil de Sabor, e Perfil Livre, usando painéis treinados (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; STONE; SIDEL, 1985). A ICO possui painéis sensoriais treinados em vários países produtores/importadores e desenvolveu uma terminologia sensorial descritiva padronizada (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 1991), com vários atributos como por exemplo:

- a) Aroma: animal, borracha, caramelo, chocolate, cinza, especiarias, floral, frutas/cítrico, gramas/verde/ervas, madeira, malte/pão torrado, nozes, queimado/defumado, químico medicinal, rançoso, tabaco, terra, vinho.
- b) Gosto: ácido, amargo, azedo, doce, salgado.
- c) Sensação bucal: adstringência, corpo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

Foram utilizadas as instalações dos Laboratórios de Grãos e Cereais do Departamento de Ciência dos Alimentos - DCA/UFLA, Polo de Tecnologia em Qualidade do Café (UFLA), Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – Epamig, Lavras, Indústria de torração e processamento de café do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do sul de Minas Gerais IFSULDEMINAS – Câmpus Machado, Minas Gerais e Central de Análises e Prospecção Química – CAPQ (UFLA).

3.2 Coleta e preparo das amostras

Foram utilizadas amostras de grãos de café (*Coffea arabica* L.) provenientes da safra 2009/2010, bebida rio com 12% de umidade, cedidos pelo IFSULDEMINAS, Campus Machado, Minas Gerais.

O milho utilizado para adulterar as amostras de café (safra 2010), com teor de umidade de 12%, também foi cedido pelo IFSULDEMINAS, e os resíduos do fruto do cafeeiro (cascas e palha melosa - safra de 2010) com teor de umidade de 14 e 16%, respectivamente, foram cedidos pelo Departamento de Agricultura – DAG/UFLA.

3.2.1 Torração das amostras

Os adulterantes foram torrados e moídos separadamente e depois de moídos foram adicionados ao café. Foi utilizado o torrador da marca Rototec modelo RT-12 resfriado a ar com capacidade de carga de 13 kg e tempo de

torração entre 8,5 a 29 minutos, com temperatura inicial de 200°C. O grau de torração utilizado foi o médio escuro. A Tabela 1 mostra o tempo e temperatura de torração das amostras.

Tabela 1 Monitoramento do processo de torração das amostras

Amostra	T °C(inicial)	T °C (final)	Tempo (min)
Café	200	261	23,0
Casca	200	247	8,5
Palha	200	260	14,0
Milho	200	224	29,0

3.2.2 Moagem das amostras

Amostras cruas de café e dos adulterantes foram submetidas ao processo de moagem, granulometria fina em moinho IKA A11 com auxílio de nitrogênio líquido, colocadas em embalagem metalizadas e armazenadas em freezer, até o momento da realização das análises de espectroscopia no infravermelho.

A moagem das amostras torradas foi realizada em moinho elétrico Pinhalense, ML-1, Brasil, granulometria fina (20 mesh) 24h após o processo de torração. Após o processamento das amostras foram misturados adulterantes em proporções variando de 0 a 50% da seguinte forma:

- a) Palha melosa - 0, 10, 20, 30, 40 e 50%.
- b) Casca - 0, 10, 20, 30, 40 e 50%
- c) Milho - 0, 10, 20, 30, 40 e 50%

Também foram preparadas amostras dos adulterantes puros para efeito de comparação.

3.2.3 Embalagem

As amostras foram embaladas em material altamente resistente a passagem de gases (embalagens metalizadas) em unidades de 500g, correspondentes aos tratamentos que foram preparados em três repetições, na Unidade de Processamento e Industrialização de Café do IFSULDEMINAS, em Machado, Minas Gerais.

3.2.4 Armazenamento

As amostras foram armazenadas em câmara refrigerada a cerca de 17°C, no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café da UFLA.

3.3 Análises físico-químicas

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: cor, umidade, extrato aquoso, cinzas, açúcares totais, redutores e não redutores, extrato etéreo, proteína bruta, fibra bruta e amido.

3.3.1 Análise de cor

A cor das amostras torradas e moídas foi analisada, usando-se um colorímetro (Chomameter-2 Reflectance, MinoltaR, Osaka, Japan), acoplado a um processador de dados (OP-300). O instrumento foi padronizado contra um branco antes de cada leitura. A cor foi expressa em parâmetros da escala desenvolvida pela Commission Internationale d' Eclairage (CIE) L^* , a^* , b^* . Foram realizadas leituras em cinco pontos de cada repetição, sendo utilizadas três repetições para cada amostra. As coordenadas L^* , a^* e b^* representam a

luminosidade da cor, em que $L^* = 0$ reproduz preto e $L^* = 100$ indica branco; a^* é a posição entre o vermelho e o verde e b^* entre o amarelo e azul.

3.3.2 Umidade

Para análise da umidade dos grãos foi utilizada a técnica gravimétrica com emprego de calor, baseando-se na determinação da perda de massa do produto submetido ao aquecimento em estufa (105°C) até peso constante e expresso em porcentagem (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC, 2000).

3.3.3 Extrato aquoso

A determinação foi realizada de acordo com metodologia descrita pela (AOAC, 2000).

3.3.4 Fração Cinzas

A fração cinzas foi determinada por método gravimétrico, baseado na determinação da perda de massa do material submetido a aquecimento a 550°C em mufla de acordo com a (AOAC, 2000).

3.3.5 Açúcares totais, não redutores e redutores

Os açúcares foram extraídos e determinados de acordo com os descritos pela AOAC (2000). Os valores foram expressos em porcentagem.

3.3.6 Extrato etéreo

Na determinação do extrato etéreo foi realizada considerando a metodologia descrita pela (AOAC, 2000). Extração com éter etílico por 5 horas, em aparelho tipo Soxhlet.

3.3.7 Proteína Bruta

Determinada de acordo com metodologia (AOAC, 2000). O fator 6,25 foi utilizado para a conversão em proteína bruta. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3.8 Fibra Bruta

Para análise de fibra bruta foram utilizados 0,5g da amostra desengordurada segundo metodologia da AOAC (2000).

3.3.9 Amido

A determinação de amido foi realizada a partir do resíduo, livre de açúcares, segundo metodologia da AOAC (2000).

3.3.10 Espectroscopia no infravermelho médio

Para as análises no infravermelho foram preparadas misturas de café com 0; 10; 20; 30; 40 e 50% dos adulterantes: cascas do fruto do cafeeiro, milho e palha melosa. Foram utilizadas três repetições para cada amostra, totalizando 45 amostras. Também foram analisadas as amostras puras de cascas do fruto do cafeeiro, milho, palha melosa e do café antes e após o processo de torração para

efeito de comparação. Foram construídas pastilhas das amostras com auxílio de uma prensa hidráulica para que as mesmas tivessem maior contato com a superfície do cristal de seleneto de zinco (ZnSe). Foi realizada a análise por espectroscopia no infravermelho com reflectância total atenuada (ATR). A leitura dos espectros foi realizada no infravermelho médio FTS 3000 Digilab, na região espectral de 600 a 4.000 cm^{-1} .

3.4 Organização dos dados e análise de componentes principais

Os dados foram organizados em uma matriz de dados X ($n \times p$), com p medidas experimentais (absorbância em cada número de onda) obtidas para n amostras. Para discriminação das amostras adulteradas foi realizada a análise quimiométrica por análise de componentes principais (PCA) utilizando-se o programa Chemoface versão 1.5 (Nunes, C. A., 2012).

3.5 Análise sensorial

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos do DCA/UFLA. A bebida do café foi preparada utilizando-se 60g de café torrado e moído que foram colocados em papel filtro e, em seguida, 1 litro de água mineral a 90°C foram vertidos lentamente (a fio) sobre o café. As seis amostras de cada adulterante (0, 10, 20, 30, 40 e 50% de casca, palha ou milho) foram servidas imediatamente após seu preparo a uma temperatura de, aproximadamente, 70°C, em copos descartáveis de 50 mL codificados com três dígitos aleatórios e foram apresentadas aos provadores em ordem balanceada.

Os provadores, que atuaram na análise eram em sua maioria jovens, 55,76% eram do sexo feminino, 82,7% tinham idade entre 15-30anos, 10,83% entre 31-45 anos e 6,41% entre 45 a 60 anos de idade.

3.5.1 Teste de aceitação

Foi realizado com 50 provadores para cada experimento avaliando a aceitação dos cafés adulterados por consumidores de café (estudantes, funcionários e professores) da comunidade universitária, os quais avaliaram 6 amostras de café de cada adulterante (casca, milho e palha melosa), em duas sessões realizadas em três dias com diferentes provadores. Realizou-se o teste de aceitação (Anexo A) empregando-se a escala hedônica mista estruturada de nove pontos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Os provadores avaliaram a bebida do café sem adição de açúcar considerando os aspectos cor, sabor, aroma e aspecto global.

3.6 Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Após a obtenção dos dados, os mesmos foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA) com o intuito de discriminar as amostras puras das adulteradas e avaliar a influência da adulteração nas características físico-químicas, sensoriais e espectrais utilizando-se o programa Chemoface versão 1.5 (NUNES, 2012).

Para as análises de cor, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) seguida de teste de média Scott Knott. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Sistema para Análise de Variância), desenvolvido por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de cor

Os valores de $L^*a^*b^*$, obtidos das amostras de cafés puros e adulterados, submetidas à análise de cor estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 Análise de cor das amostras, de acordo com os parâmetros de cromaticidade da escala CIE $L^* a^* b^*$

Tratamentos	Parâmetros de Cromaticidade		
	L^*	a^*	b^*
Casca (%)			
0	20,35 b	6,42 d	5,23 b
10	20,46 b	7,65 c	5,28 b
20	20,61 b	7,73 c	5,73 b
30	20,78 b	7,89 c	5,77 b
40	20,82 b	8,03 b	5,87 b
50	21,13 b	8,08 b	6,15 b
100	24,55 a	8,73 a	8,77 a
Palha Melosa (%)			
0	20,01 c	6,17 f	5,27 c
10	20,03 c	7,15 e	5,40 c
20	20,26 c	7,44 d	5,57 c
30	20,40 b	7,44 d	5,95 b
40	20,51 b	8,01 c	6,14 b
50	20,80 b	8,29 b	6,18 b
100	22,78 a	8,71 a	7,01 a
Milho (%)			
0	20,80 f	8,28 c	6,14 e
10	21,39 e	8,35 c	7,33 d
20	23,09 d	8,40 c	7,72 d

“Tabela 2, conclusão”

Tratamentos	Parâmetros de Cromaticidade		
	Milho (%)	L*	a*
30	23,90 c	8,49 b	9,10 c
40	24,30 c	8,52 b	9,77 c
50	26,31 b	8,54 b	10,50 b
100	35,87 a	8,73 a	17,49 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

As amostras de café puro apresentaram menores valores para as coordenadas L* a* e b* que as amostras adulteradas com casca, palha melosa e milho, sendo que estes valores foram aumentando à medida que se adicionou adulterante. O aumento dos valores da coordenada L* para todos os adulterantes analisados indica que a adulteração tornou a coloração das amostras de café mais claras. Estes parâmetros foram avaliados estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p < 0,05$) e os resultados mostraram que os valores de L* e b* não diferiram estatisticamente para as amostras de café puro e adulteradas com casca. Já os resultados obtidos para a coordenada a* apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras de café puro e adulteradas com teores a partir de 10% de casca.

Para as amostras adulteradas com palha melosa, as coordenadas L* e b* não apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre o café puro e adulterado com até 20% de palha, porém as amostras com maiores teores desse adulterante (30, 40 e 50%) diferenciaram-se estatisticamente quando comparadas ao café puro. Os valores para o parâmetro a* apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre o café puro e adulterado com percentuais a partir de 10% de palha melosa. Os parâmetros L* e b* das amostras adulteradas com diferentes percentuais de milho diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) quando comparados ao café puro. Já a coordenada a* não apresentou diferença significativa entre o café

puro e adulterado com até 20% de milho.

A adição de altas concentrações de adulterante interferiu diretamente na luminosidade (L^*) das amostras, tornando-as mais claras. Segundo Mendonça et al. (2009) este é o parâmetro mais relevante para se estabelecer a coloração do café torrado. Para as amostras adulteradas com casca, o aumento da quantidade do adulterante resultou na intensificação da tonalidade vermelha. Para o parâmetro cor, a adição de casca e palha melosa é praticamente imperceptível.

Reis et al. (2013) monitoraram o grau de torração de café, milho e cascas de café por meio dos parâmetros L^* , a^* e b^* e os valores encontrados no presente estudo situam-se nos intervalos citados pelos autores, mostrando que a coloração dos cafés e dos adulterantes foram determinadas conforme o grau de torração utilizado pelas indústrias torrefadoras.

4.2 Discriminação das amostras adulteradas com casca de café por Análise de Componentes Principais (PCA) através dos atributos físico-químicos

Os atributos analisados foram os açúcares totais, redutores e não redutores, a umidade, as cinzas, o extrato etéreo, a proteína bruta, a fibra bruta, o extrato aquoso e o amido.

A PCA das análises físico-químicas das amostras adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café encontra-se na Figura 2.

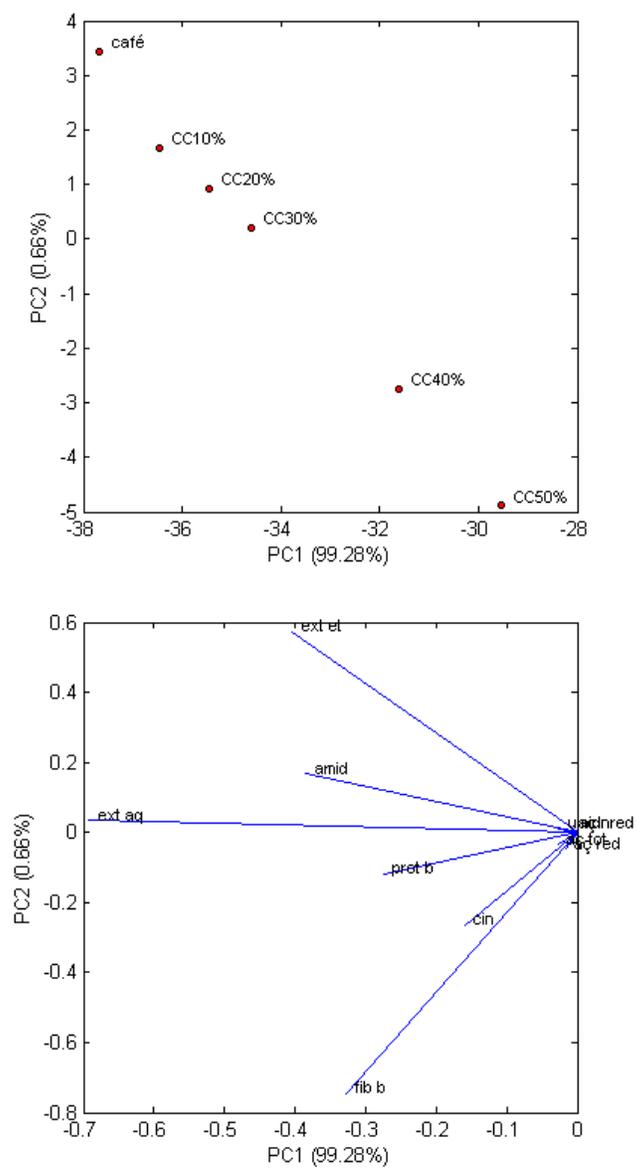


Figura 2 Gráfico de escores e de pesos para os parâmetros físicos das amostras adulteradas com diferentes percentuais de casca de café

A análise conjunta dos gráficos de escores (superior) e pesos (inferior) mostra que o atributo físico-químico que mais influenciou na discriminação das amostras adulteradas com cascas de café foi o extrato aquoso, ou seja, a adulteração causou mudança no teor deste parâmetro. O teor de extrato aquoso representa a quantidade de substâncias presentes na amostra que são solúveis em água quente e uma mudança expressiva em seu conteúdo pode ser um indicativo de adulteração do café torrado e moído (Fernandes et al., 2003).

Os atributos extrato etéreo, amido, fibra bruta, proteína bruta e cinzas apresentaram baixa correlação com o teor de casca adicionado, sugerindo que não houve uma influência direta do conteúdo de casca com os valores destes parâmetros. Os teores de umidade, açúcares totais, redutores e não redutores não influenciaram na discriminação do café puro, o que indica que a adição de cascas causou pouca variação em seus conteúdos. Aretha (2009) encontrou menor teor de umidade na casca de café torrada (3,0%) do que no café torrado (3,5). Tavares et al. (2012) relataram baixo teor de umidade da casca de café torrada quando comparada ao café torrado. Os carboidratos constituem cerca de 50 a 60% do peso do café verde e durante o processo de torração, eles estão sujeitos a diversas modificações que dependem da severidade do processo empregado na torração (SABBAGH; YOKOMIZO, 1976).

4.3 Discriminação das amostras adulteradas com palha melosa de café por Análise de Componentes Principais (PCA) através dos atributos físico-químicos

O resultado da análise de componentes principais dos atributos físico-químicos das amostras adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa encontra-se na Figura 3.

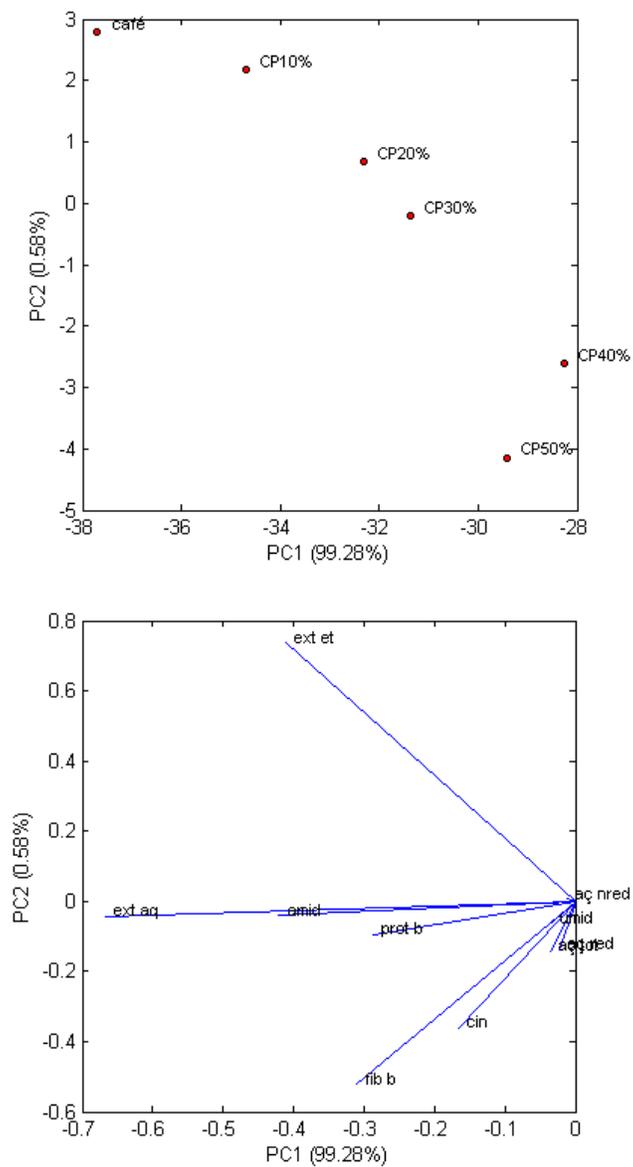


Figura 3 Gráfico de escores e de pesos dos resultados das análises físico-químicas das amostras adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa

O gráfico de escores (superior) dos atributos físico-químicos das amostras de café rio adulteradas com palha melosa mostra que o café rio puro foi discriminado das amostras adulteradas, havendo, ainda, uma tendência de agrupamento de acordo com o percentual de adulteração, amostras com teores de 40% e 50%, mostram-se totalmente distintas das demais.

A análise conjunta do gráfico de escores e pesos (inferior) revela que as variáveis que mais influenciaram na discriminação das amostras adulteradas foram os teores de extrato etéreo e extrato aquoso, ou seja, houve uma correlação entre o conteúdo destes atributos e o percentual de palha melosa adicionada ao café. Segundo Aretha (2009), o teor de extrato etéreo é de 11,62% para o café torrado e 4,52% na casca torrada, enquanto o teor de extrato aquoso é de 34,41% no café e 39,46% na casca. Os resultados sugerem que a adição de casca causou uma mudança no conteúdo de extrato aquoso e extrato etéreo do café torrado. Os lipídeos são pouco afetados durante a torração do café e um aumento no seu teor pode ser observado em função da degradação de outros compostos como, por exemplo, os polissacarídeos e proteínas (VIDAL, 2001). No café torrado e moído, o extrato aquoso representa a quantidade de substâncias capazes de se solubilizarem em água fervente (FERNANDES et al., 2003). Um aumento no seu conteúdo pode indicar a presença de outras substâncias adicionadas ao café torrado e moído. Em estudo realizado por Lopez (1983), analisando o teor de extrato aquoso em café e em misturas de café com milho e com cevada, houve um aumento na concentração deste constituinte nas amostras adulteradas.

Os teores de amido, proteína bruta, fibra bruta e cinzas apresentaram baixa correlação com a adição do adulterante, já os conteúdos de umidade, açúcares totais, redutores e não redutores não apresentaram correlação para a discriminação do café puro. Segundo Brand et al. (2001), a palha melosa contém, aproximadamente, 35% de carboidratos, o que pode estar relacionado à

presença da polpa e da mucilagem, porém não houve uma correlação direta entre os teores de açúcares e o percentual de palha melosa adicionado ao café.

4.4 Discriminação das amostras adulteradas com milho por Análise de Componentes Principais (PCA) através dos atributos físico-químicos

O resultado da PCA das análises físico-químicas das amostras adulteradas com diferentes percentuais de milho encontra-se na Figura 4.

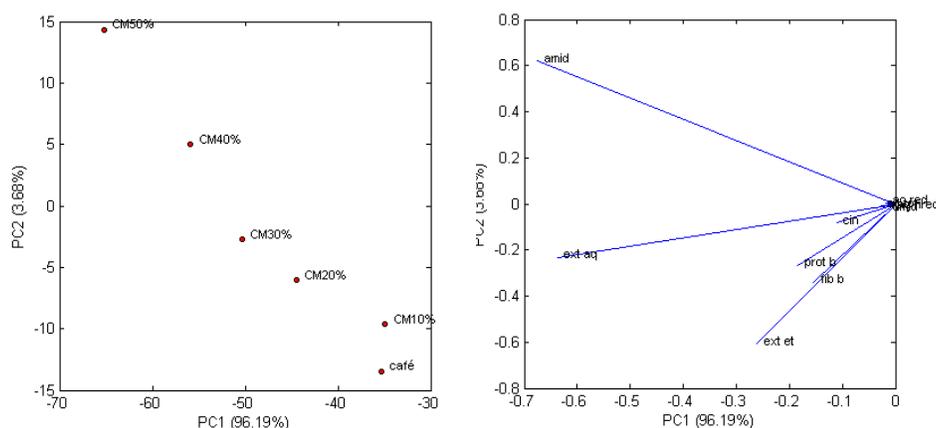


Figura 4 Gráfico de escores e de pesos dos resultados das análises físico-químicas das amostras adulteradas com diferentes percentuais de milho

O gráfico de escores (quadrante superior esquerdo) revela que houve uma tendência de agrupamento das amostras de acordo com o percentual de milho adicionado ao café. A análise conjunta dos gráficos de escores e pesos mostra que os parâmetros que mais influenciaram na discriminação das amostras adulteradas foram o amido e o extrato aquoso, o que sugere que houve uma correlação entre o conteúdo dos mesmos e a quantidade de milho adicionada ao

café rio puro. Os demais atributos avaliados não apresentaram correlação direta com o percentual de adulteração por milho.

Os grãos de milho contêm alto teor de amido e, durante o processo de torração, estes sofrem modificações como a quebra do amido em moléculas menores, podendo dar origem principalmente às moléculas de sacarose, glicose, frutose, entre outros, o que pode justificar o alto teor de amido e de açúcares nas amostras com milho (PAULI; VALDERI; NIXDORF, 2011).

O método convencional, utilizado pelos laboratórios credenciados pela Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC), para identificação de adulterações em café torrado e moído, consiste na análise de lâminas microscópicas preparadas com reagentes químicos. A quantificação das impurezas é baseada na comparação do percentual do extrato aquoso da amostra que está sendo analisada, com o extrato aquoso do café puro (MENEZES JUNIOR; BICUDO, 1958).

4.5 Espectroscopia no infravermelho médio

Os espectros das amostras de café puras e dos adulterantes (casca, palha melosa e milho) antes do processo de torração foram obtidos para efeito de comparação e estão apresentados na Figura 5.

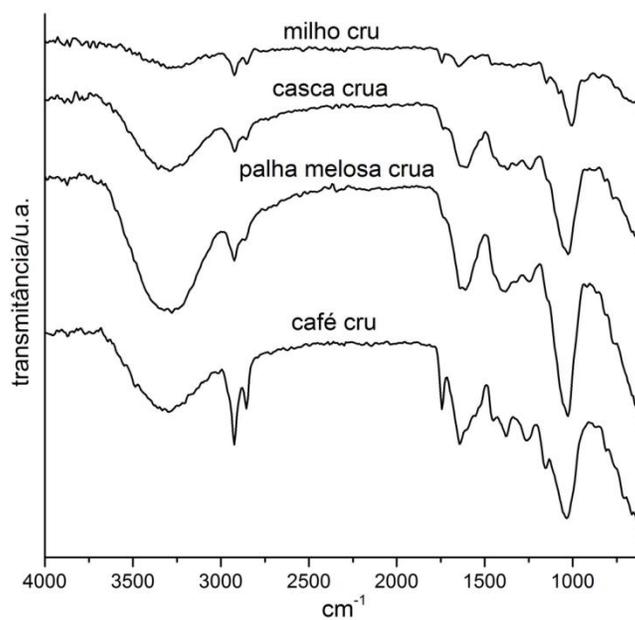


Figura 5 Espectros no infravermelho de amostras puras antes do processo de torração

A análise visual dos espectros das amostras cruas mostra a semelhança entre os espectros do café e dos adulterantes com variações nas intensidades de algumas bandas, o que impossibilita distinguir o café puro.

Os espectros das amostras puras de café rio, casca de café, palha melosa e milho, após o processo de torração estão apresentados na Figura 6 e foram realizados para efeito de comparação.

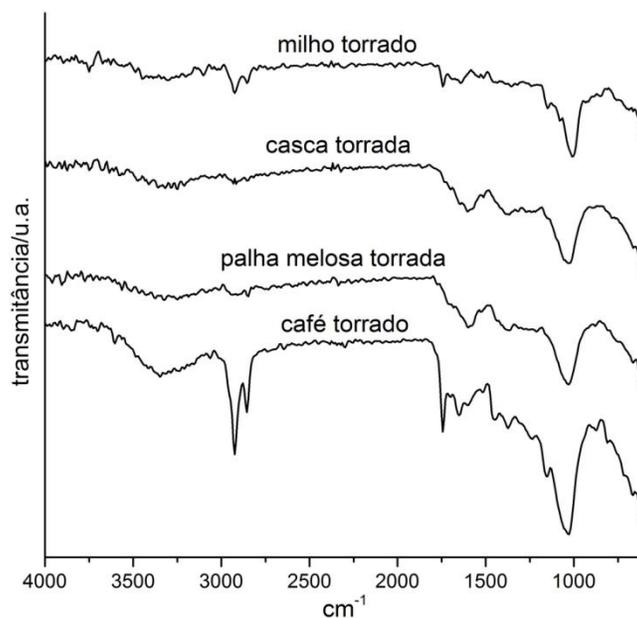


Figura 6 Espectros no infravermelho das amostras puras após o processo de torração

Os espectros das amostras cruas (Figura 5), quando comparados aos espectros das amostras torradas (Figura 6), mostram que após o processo de torração houve modificação dos sinais nas regiões de 1.000 cm^{-1} que é característico de estiramento vibracional de C-O. Nos espectros referentes às amostras de adulterantes houve diminuição e no espectro do café houve um aumento considerável desta banda, que indica a presença de carboidratos, que representam grande parte dos constituintes do café torrado, amplamente presentes como polissacarídeos complexos (KEMSLEY; RUAULT; WILSON, 1995). Bandas nesta região também foram encontradas por Morais et al. (2007) que avaliaram o efeito de diferentes graus de torração no café arábica e nos defeitos preto, verde e ardido (PVA). A análise dos espectros dos adulterantes crus e torrados mostra uma diminuição nas bandas da região entre $1.750\text{-}1.850\text{ cm}^{-1}$, estiramento vibracional de ligação C=O, característico de carbonila de

aldeídos, lipídeos, ésteres alifáticos e ácidos carboxílicos (KEMSLEY; RUAULT; WILSON, 1995). Houve, também, um aumento nas bandas de sinais entre $2.850-3.000\text{ cm}^{-1}$, característico de vibrações simétricas e assimétricas de grupos C-H que sugerem a presença de carboidratos e cafeína, evidenciando a formação de alguns carboidratos durante a torração do café (KEMSLEY; RUAULT; WILSON, 1995). Bandas nessa região foram encontradas por outros autores que avaliaram amostras de café torrado por espectroscopia no infravermelho (CRAIG; FRANÇA; OLIVEIRA, 2012; REIS; FRANCA; OLIVEIRA, 2013).

Os espectros apresentaram uma grande similaridade, não sendo possível obter uma distinção por meio de análise visual entre as amostras puras e adulteradas. Portanto, a aplicação de análises quimiométricas como a Análise de Componentes Principais (PCA) torna-se necessária para a discriminação das amostras de café puro das adulteradas.

4.6 Discriminação das amostras adulteradas por Análise de Componentes Principais (PCA) por espectroscopia no infravermelho médio

Inicialmente, foi realizada a correção multiplicativa de sinais para corrigir erros espectrais resultantes do fenômeno de espalhamento de luz, que muitas vezes ocorre pela heterogeneidade da amostra, causada, principalmente, por diferenças granulométricas (DECKER; NIELSEN; MARTENS, 2005). Em seguida, os dados foram centrados na média e, posteriormente foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA).

4.6.1 Adulteração com casca de café

O resultado da PCA das amostras de café puro e adulteradas pela adição de diferentes percentuais de cascas de café está apresentado na Figura 7.

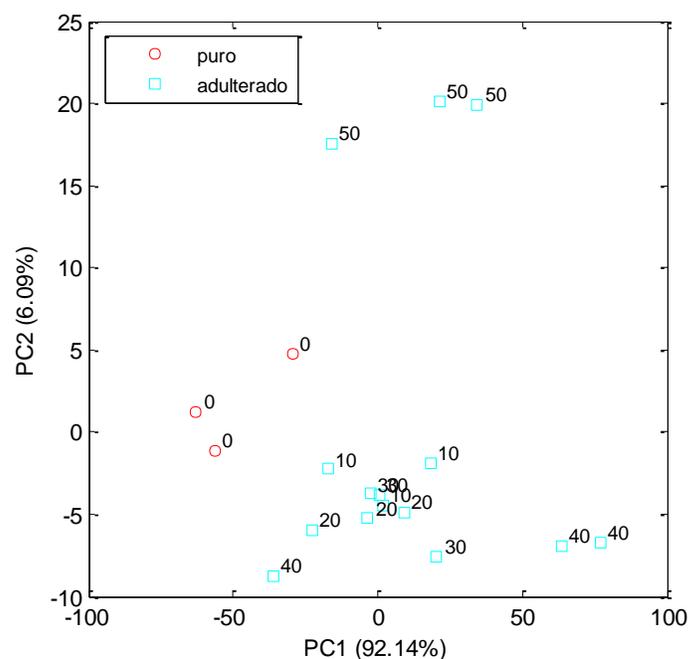


Figura 7 Gráfico de escores das amostras de café puras e adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café

A primeira componente principal (PC1) explicou 92,14% da variabilidade dos dados e a segunda (PC2) explicou 6,09% e as duas componentes principais explicaram juntas 98,23%. As amostras adulteradas com casca de café foram discriminadas das amostras de café puras, em todas as concentrações, havendo, ainda, uma tendência de agrupamento das amostras com menor quantidade de cascas de café. As amostras com maior quantidade do

adulterante ficaram separadas das amostras puras e das demais amostras adulteradas.

Tavares et al. (2012) utilizaram a espectroscopia no infravermelho médio associada à PCA, para discriminar amostras de café bebida dura de amostras adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café. Concluíram que a metodologia foi capaz de discriminar amostras adulteradas com baixas concentrações de casca (0,5%)

4.6.2 Adulteração com palha de café

O resultado da PCA das amostras de café adulteradas pela adição de diferentes percentuais de palha melosa encontra-se na Figura 8.

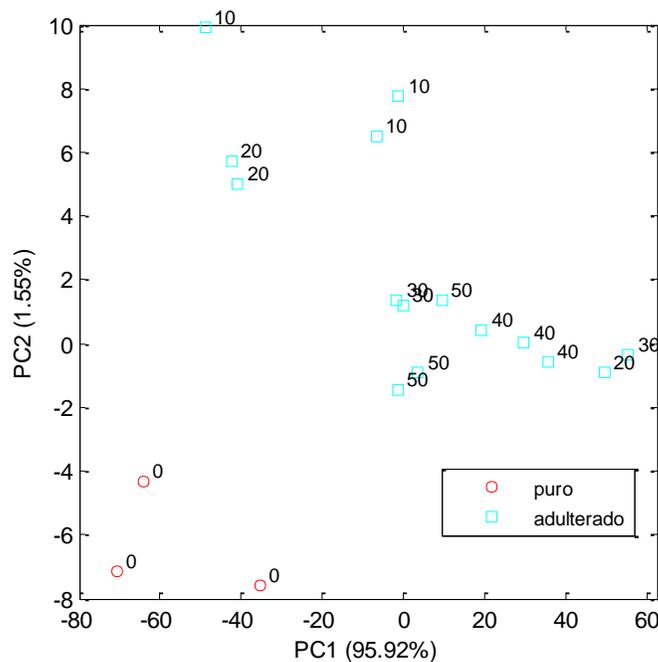


Figura 8 Gráfico de escores das amostras de café puras e adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa de café

As duas componentes principais explicaram juntas 97,47% da variabilidade dos dados espectrais, sendo 95,92% explicados pela primeira componente principal (PC1) e 1,55 % explicados pela segunda componente principal. As amostras de café rio puras foram discriminadas das amostras adulteradas pela adição da palha melosa do café, sendo esta separação observada para as três repetições da amostra. Houve uma tendência de agrupamento para as demais amostras, de acordo com a quantidade de adulterante adicionado, porém isso não foi observado para todas as repetições.

4.6.3 Adulteração com milho

A PCA das amostras de café adulteradas pela inclusão de diferentes percentuais de milho encontra-se na Figura 9.

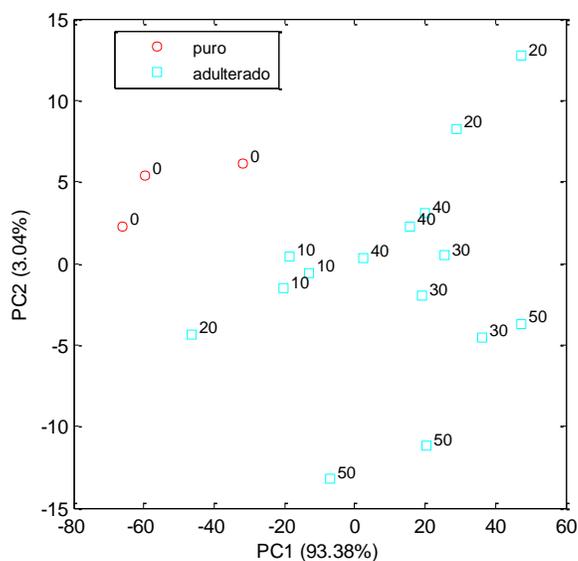


Figura 9 Gráfico de escores das amostras de café puras e adulteradas com diferentes percentuais de milho

As duas componentes principais explicaram juntas 96,42% da variabilidade dos dados espectrais e 93,38% foram explicados pela primeira componente principal (PC1) e 3,04% pela segunda (PC2). Os resultados da PCA mostraram que houve separação das amostras de café puro das amostras adulteradas pela adição de diferentes percentuais de milho.

Reis, Franca e Oliveira (2013) utilizaram a Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (DRIFTS), associada à PCA para a discriminação entre café torrado puro e café adulterado, adicionado de cascas de café e milho. Os resultados mostraram que a técnica possui potencial para a detecção de adulterantes em café torrado e moído como observado neste estudo.

Craig, França e Oliveira (2012) utilizaram a espectroscopia no infravermelho médio, associada à análise de componentes principais para a discriminação entre grãos de café sadios e defeituosos. Os resultados mostraram que os defeitos pretos, verdes e ardidos do café foram discriminados dos grãos sadios, mostrando que a técnica tem potencial para o desenvolvimento de uma metodologia eficiente para a discriminação de defeitos em café, bem como para a detecção de impurezas.

4.7 Teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de diferentes percentuais de casca de café

Os resultados do teste de aceitação dos cafés puros e adulterados mostraram que os provadores não treinados conseguiram distinguir, em alguns casos, as amostras com maiores percentuais de adulteração. O efeito da adição de cascas de café nos atributos sensoriais da bebida encontram-se na Figura 10.

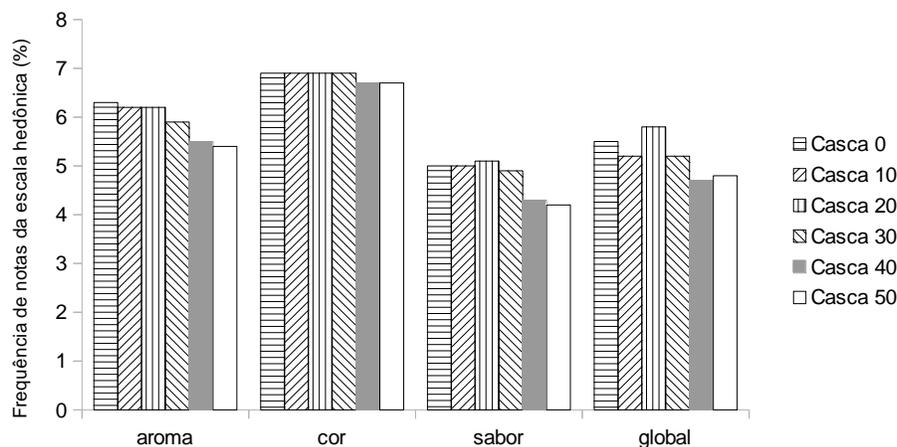


Figura 10 Efeito da adição de casca de café nos atributos sensoriais da bebida rio

A adulteração pela adição mais de 40% de casca de café provocou mudança perceptível na cor da bebida do café rio. Os atributos sabor, aroma, foram afetados negativamente pela adição de quantidades superiores a 30% de casca. Para o atributo aspecto global, houve uma ligeira acentuação da nota para os cafés adulterados com 20% de casca, no entanto, em concentrações mais elevadas do adulterante a tendência foi de redução. À medida que se aumentaram os teores de casca, as notas atribuídas ao aroma e ao sabor diminuíram, ou seja, a adição de casca afetou negativamente a bebida do café rio, comprometendo seu sabor e aroma, principalmente, a partir de 30% deste adulterante. Resultados semelhantes foram encontrados por Tavares et al. (2012) que avaliaram, por meio de teste triangular, o efeito da adição de diferentes percentuais de cascas nas características sensoriais do café bebida dura e concluíram que a adulteração com quantidades superiores a 30% de cascas foi facilmente identificada por provadores não treinados.

De acordo com a ABIC (2012), o uso de cascas de café como adulterante está presente em mais de 90% dos cafés fraudados e raramente o percentual adicionado ultrapassa os 12%, tornando a adulteração imperceptível para os consumidores. A adição de percentuais maiores torna-se evidente do ponto de vista sensorial. O resultado da PCA do teste de aceitação do café adulterado pela adição de cascas do fruto do cafeeiro encontra-se na Figura 11.

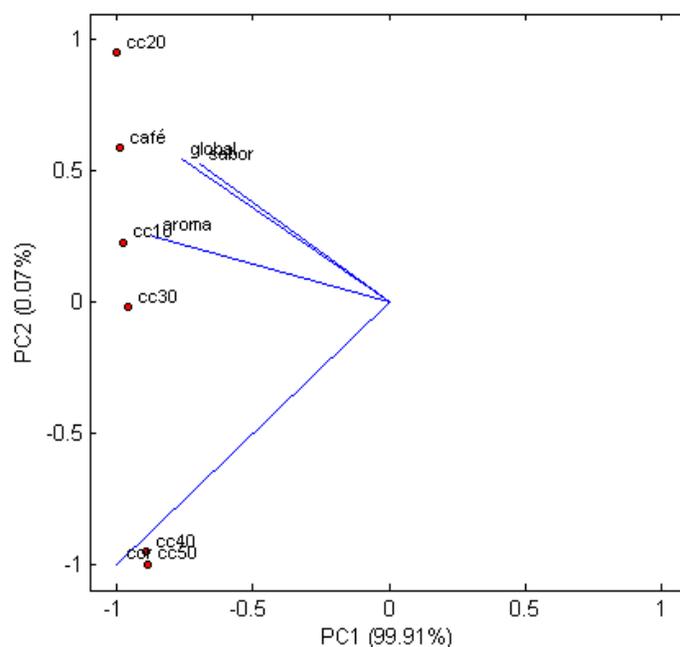


Figura 11 Gráfico de escores e de pesos do resultado da análise sensorial das amostras adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café

A amostra de café rio puro recebeu maior pontuação nos atributos sabor e impressão global, sugerindo que o consumidor apreciou mais esses atributos do café rio puro do que das amostras adulteradas com diferentes percentuais de cascas de café. O café adulterado com 10% de casca foi o que recebeu maior nota em relação ao atributo aroma. A amostra contendo 30% de casca

apresentou resultado semelhante. Entretanto, os cafés com maior quantidade de casca adicionada (40% e 50%) receberam maior pontuação em relação ao atributo cor, sugerindo que os provadores preferiram amostras de cafés com tonalidades de cor mais claras. De maneira geral, os resultados atribuídos a cor evidenciam a dificuldade do consumidor em detectar a adulteração por meio da análise visual da bebida do café.

Altas concentrações de cascas podem ser facilmente percebidas pelos provadores, pois sua estrutura fina faz com que a torração ocorra de forma mais intensa quando comparada ao café, o que pode provocar a sua carbonização. Por outro lado, o aroma e a cor podem ser “mascarados” devido ao alto teor de proteína, que são consumidas, durante a torração na reação de Maillard, onde são formados os compostos responsáveis pela coloração escura e pelo aroma do café, o que pode justificar o fato de o consumidor não perceber diferenças em teores ao redor de 20% de cascas.

4.7.1 Teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de diferentes percentuais de milho

Os resultados do teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de milho foram analisados e o comportamento da adição de milho está mostrado na Figura 12.

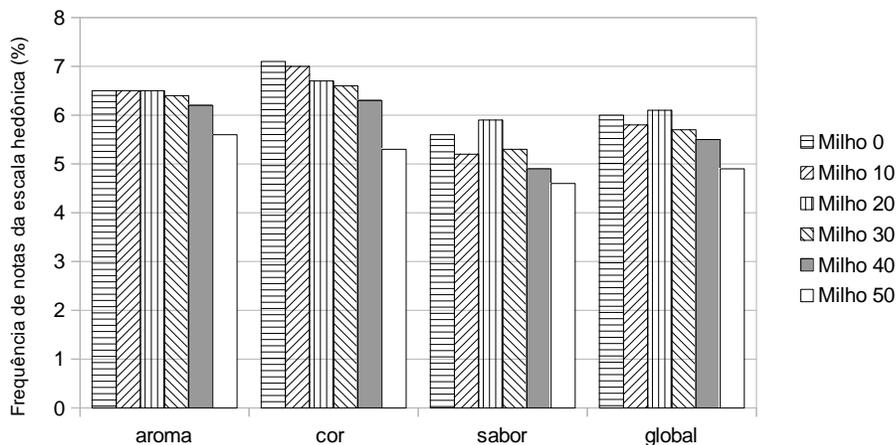


Figura 12 Efeito da adição de milho nos atributos sensoriais da bebida rio

A adulteração pela adição de quantidades superiores a 10% de milho provocou uma diminuição na pontuação atribuída à cor do café. Os grãos de milho são de coloração amarela e após torrados apresentaram menor semelhança ao café rio torrado e moído quando comparada aos demais adulterantes analisados.

Com o incremento na quantidade do adulterante, nota-se que os consumidores têm a aceitação reduzida com relação ao parâmetro cor da bebida. Em relação aos atributos sabor e aspecto global, a adição de mais de 20% de milho provocou mudanças perceptíveis no sabor da bebida do café, diminuindo a nota atribuída pelo consumidor. Isso não significa que a bebida do café com até 20% de adulteração por milho seja considerada de boa qualidade pelo consumidor, mas sugere que o sabor típico e acentuado de iodofórmio do café rio (BRASIL, 2003) pode ter sido “mascarado” pela maior quantidade de açúcares presentes no milho, dificultando a sua detecção por meio dos atributos sensoriais avaliados por provadores não treinados. A adição de até 20% de milho não causou mudanças perceptíveis pelos provadores quanto ao aroma da bebida

rio. A adição de quantidades superiores a 20% de milho ao café rio causou a redução das notas atribuídas a este parâmetro.

O resultado da PCA do teste de aceitação do café adulterado pela adição de milho encontra-se na Figura 13.

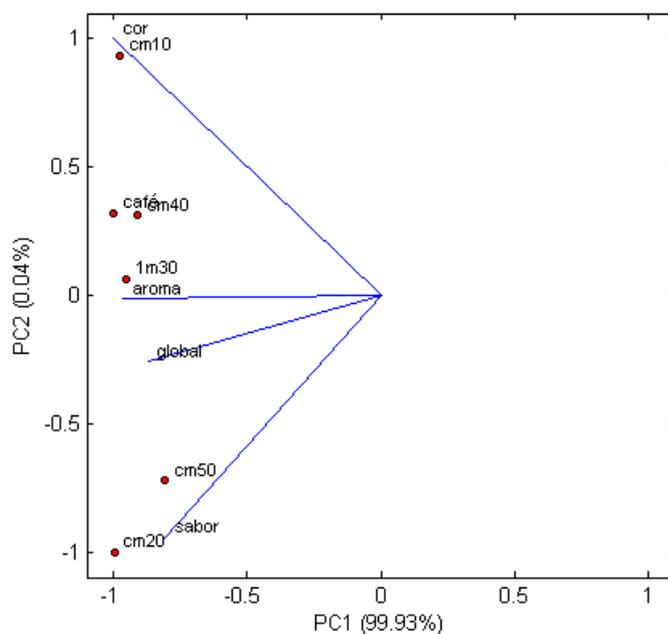


Figura 13 Gráfico de escores e de pesos do resultado da análise sensorial das amostras adulteradas com diferentes percentuais de milho

A cor e o sabor apresentaram correlação com o teor de milho adicionado ao café rio, ou seja, a adulteração provocou mudanças perceptíveis nestes atributos. O sabor foi o atributo que mais influenciou na avaliação do consumidor em relação às amostras com 20 % de milho, sugerindo que o consumidor apresentou maior índice de aceitação para essas amostras. Os demais atributos avaliados não apresentaram uma correlação com o teor de adulteração. A presença de alto teor de amido e açúcar no milho pode dificultar

a percepção do adulterante no café rio, comprometendo, assim, a avaliação sensorial das amostras quando avaliadas por consumidores não treinados, pois suprime o sabor da bebida rio. O milho é o terceiro adulterante mais utilizado para fraudar o café, antecedido apenas pela palha melosa e casca, porém é empregado em maior percentual. Em decorrência de suas características e de acordo com a quantidade empregada na fraude, a maioria dos consumidores de café não consegue analisar e distinguir, sensorialmente, cafés puros de cafés adulterados com milho. Tal fato se dá, principalmente, pela falta de acesso a informações técnicas, como também pela dificuldade de se distinguir com clareza o café puro do adulterado, devido principalmente a uma torração excessiva.

Durante o processo de torração, o amido sofre modificações, sendo degradado em moléculas menores, podendo dar origem, principalmente, às moléculas de sacarose, glicose, frutose, entre outros. Para Siqueira et al.(2008), consumidores comuns podem associar o sabor adocicado com a qualidade da bebida do café. No entanto, deve-se ressaltar que as propriedades benéficas do café principalmente em relação à redução do risco de desenvolvimento de diabetes podem ser comprometidas.

4.7.2 Teste de aceitação da bebida do café adulterada pela adição de diferentes percentuais de palha melosa

Os resultados do teste de aceitação da bebida do café adulterado com diferentes quantidades de palha melosa foram analisados e o efeito da adição deste adulterante está apresentado na Figura 14.

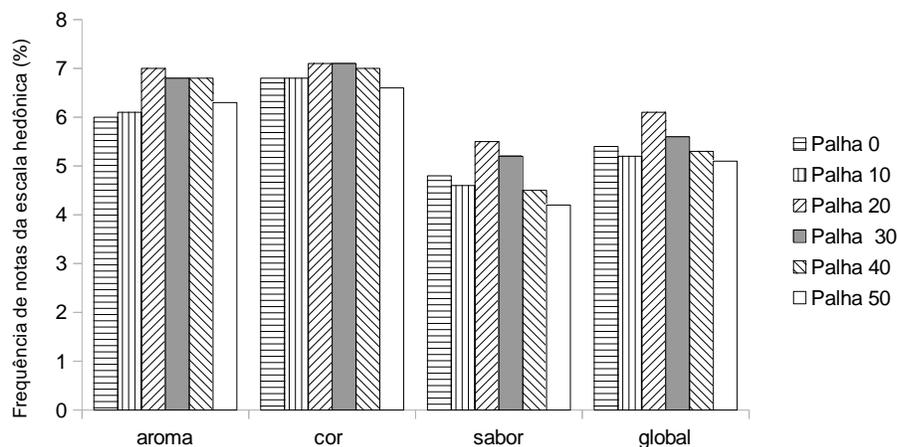


Figura 14 Efeito da adição de palha melosa do café nos atributos sensoriais da bebida rio

A adulteração pela adição de diferentes percentuais de palha melosa não provocou mudanças perceptíveis na cor do café rio, pois houve um aumento na nota atribuída pelo consumidor para o café adulterado quando comparado ao café rio puro. Assim como a casca, a coloração da palha melosa torrada e moída é semelhante ao café, o que justifica estes resultados.

Em relação aos atributos aroma e sabor, os consumidores atribuíram maiores notas aos cafés adulterados com 20% de palha melosa, sendo os valores superiores aos atribuídos ao café puro. O aroma do café é constituído por uma mistura complexa de compostos voláteis, enquanto a acidez, a adstringência e o amargor são determinados pelos compostos não voláteis (VITZTHUM, 1999).

A palha melosa contém, aproximadamente, 35% de carboidratos, o que pode estar relacionado à presença da polpa e da mucilagem. A amostra adulterada com 20% de palha melosa recebeu maior pontuação para todos os parâmetros avaliados, o que sugere que esta quantidade de adulterante, que contém alto teor de açúcares, pode ter “mascarado” a adulteração em baixas

concentrações, dificultando a avaliação do consumidor por meio destes atributos.

O resultado da PCA do teste de aceitação do café adulterado pela adição de palha melosa encontra-se na Figura 15.

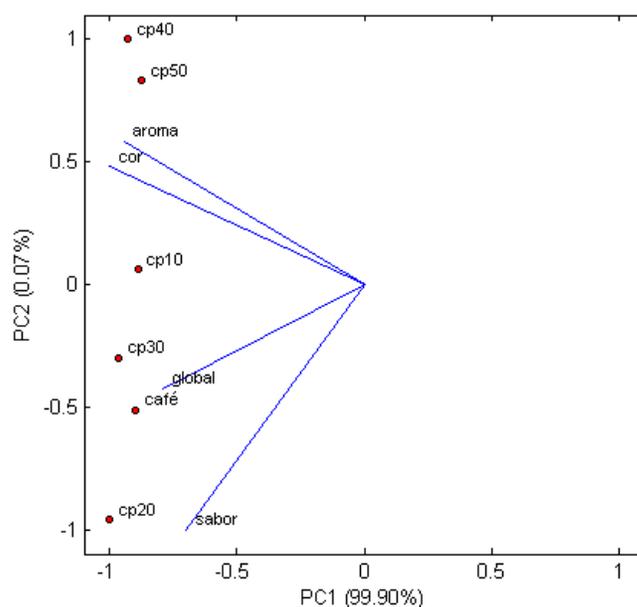


Figura 15 Gráfico de escores e de pesos do resultado da análise sensorial das amostras adulteradas com diferentes percentuais de palha melosa

Os atributos aroma, cor e sabor foram os que mais influenciaram no teste de aceitação das amostras de café adulteradas com palha melosa, ou seja houve uma correlação entre as notas atribuídas a esses parâmetros e a quantidade de adulterante adicionada ao café rio. O café com 20% de palha melosa apresentou maior nota para o sabor. É importante ressaltar que isso não implica em dizer que a bebida do café adulterado com 20% de palha melosa apresente um sabor agradável e que seja considerada de boa qualidade, porém a presença de açúcares, contidos na mucilagem aderida à palha melosa, pode dificultar a

percepção do consumidor em relação aos atributos avaliados, principalmente, em virtude da baixa qualidade do café rio que apresenta sabor típico e acentuado de iodofórmio (BRASIL, 2003).

5 CONCLUSÃO

O atributo físico-químico que mais contribuiu para a discriminação do café puro foi o extrato aquoso, pois apresentou correlação com o teor dos adulterantes analisados.

A espectroscopia na região do infravermelho médio permitiu distinguir amostras de café puro de amostras adulteradas com casca, palha melosa e milho, podendo ser usada como uma ferramenta eficiente, rápida e de baixo custo.

A adulteração com casca e palha melosa não reduziu a aceitação dos consumidores em relação à cor da bebida café, porém a adição de milho provocou redução das notas atribuídas a este parâmetro. Houve uma correlação entre as notas dos demais atributos sensoriais e a quantidade de adulterante adicionado ao café, sendo que concentrações superiores a 20% de casca, milho e palha melosa causou a redução das notas atribuídas ao sabor, aroma e impressão global da bebida.

A adulteração modificou os parâmetros químicos e físico-químicos do café rio, porém devido ao caráter heterogêneo dos adulterantes empregados, principalmente da casca e da palha melosa, não foi possível estabelecer correlações diretas entre o conteúdo destes atributos com a quantidade de adulterante presente na amostra.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A. et al., Influence of Coffee Brew in Metabolic Syndrome and Type 2 Diabetes. **Plant Foods for Human Nutrition** (Dordrecht), p. 184-189, 2013.
- ABREU, C. M. P. de; CARVALHO, V. D. de; BOTREL, N. Efeito de níveis de adição de defeitos “verde” na composição química de cafés classificados como bebida “estritamente mole”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 455-461, jun. 1996.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº377**, de 26 de abril de 1999. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/377_99.htm>. Acesso em: 4 set. 2010.
- ALESSANDRINI, L. et al. Near infrared spectroscopy: an analytical tool to predict coffee roasting degree. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, n. 625, p. 95-102, 2008.
- ALMEIDA, F. C. M. de. A qualidade do café e as certificações. **Revista Sociedade e Desenvolvimento Rural**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 18, 2009.
- AMBONI, R. M. C.; FRANCISCO, A.; TEIXEIRA, E. Utilização de microscopia eletrônica de varredura para detecção de fraudes em café torrado e moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n.3, p. 1-8, 1999.
- ANDUEZA, S.; PEÑA, M. P.; CID, C. Chemical and sensorial characteristics of espresso coffee as affected by grinding and torrefacto roast. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 24, p. 7034-7039, Dec. 2003.
- ARETHA, A. P. S. **Análise química e avaliação do potencial alelopático da casca do café (*Coffea arabica*)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Química)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- ASSAD, D. E. et al. Identificação de impurezas e misturas em pó de café por meio comportamento espectral e análise de imagens digitais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p. 211-216, fev. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Anos 80:liberdade de preços e combate à fraude. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.12, n.138, p.8-9, maio 2003.

_____. **Café e saúde**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 8 jan. 2011.

_____. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://ministério.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2009.

_____. **Estatísticas: expectativas para 2013**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 15 fev. 2013.

_____. **Estatísticas: indicadores da indústria de café no Brasil**. Disponível em: <<http://ministério.gov.br>>. Acesso em: 22 out. 2012.

_____. **Programa permanente de controle da pureza do café 2005**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists**. 12th ed. Washington, 1990.1985 p.

_____. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15th ed. Washington, 2000. 1094 p.

BAGGIO, J. **Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (*Coffea arabica* L.) como provável fonte de substâncias bioativas**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BERNARDINO, F.S.et al. Consumo e digestibilidade de nutrientes de silagens de capim-elefante com casca de café, por ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.10, n. 2, p. 460-469, abr./jun. 2009.

BORGES, M. L. A. et al. Estudo da variação da coloração de café arábica durante a torrefação em diferentes condições de aquecimento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 5, p. 3-8, 2002. Edição especial.

BRAND, D. et al. Fermenter and kinetic modeling for upgrading the nutritional quality of coffee husk in solid-state fermentation. **Biotechnology Progress**, Dordrecht, v. 17, n. 6, p. 1065-1070, Nov./Dec. 2001.

BRESSANI, R.; ESTRADA, E.; JARQUIN, R. Pulpa y perganinho de café I: composición química contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. **Turrialba**, São José, v.3, p.299-304, jul. 1972.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 16**, de 24 de maio de 2010. Estabelece o Regulamento Técnico para o Café Torrado em Grão e Café Torrado e Moído, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_consumidor/legislação/leg-produtos_humano/IN-16-2010-MAPA.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Disponível em:

<http://www.abic.com.br/publique/media/CONS_leg_instnormativa08-03.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2013.

BUFFO, R. A.; CARDELLI-FREIRE, C. Coffee flavour: an overview. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v. 19, n. 2, p.99-104, Mar./Apr. 2004.

CAMPANHA, G. et al. Discrimination of coffee species using kahweol and cafestol: effects of roasting and of defects. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 87-96, Jan./Apr. 2010.

CARVALHO, G. G. P. et al. Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de capim-elefante com adição de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n.6, p. 1875-1881, nov./dez. 2007.

CARVALHO, V. D. de; 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.

CARVALHO, V. D. de et al. Relação entre a composição química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-445, mar. 1994.

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

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

CLARKE, R. J. The flavor of coffee. In: MORTON, I. D.; MACLEOD, A. J. (Ed.). **Food flavours: part B, the flavours of beverages**. Amsterdam: Elsevier Science, 1986. chap. 1.

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

CLARKE, R. J.; VITZHUM, O. G. **Coffee recente developmentes**. Oxford: Blackell Science, 2001. 246 p.

CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm, 1985. chap. 13.

COELHO, K. F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos**. 2000. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência dos grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 375-384, mar./abr. 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 2010/2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_boletim_graos_4o_lev_safra_2010_2011.pdf>. Acesso em: 23 maio 2012.

CRAIG, A. P.; FRANÇA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Evaluation on the potential of FTIR and chemometrics for separation between defective and non-defective coffee. **Food Chemistry**, London, v.132, p. 1368-1374, June 2012.

DAROLT, M. R. Comparação da Qualidade do Alimento Orgânico com o Convencional In: STRIGHETA, P.C & MUNIZ, J.N. **Alimentos Orgânicos: Produção, Tecnologia e Certificação**.1 ed.Viçosa, MG : Universidade Federal de Viçosa - UFV, p. 289-312. 2003

DECKER, M.; NIELSEN, P. V.; MARTENS, H. Near-infrared spectra of *Penicillium camemberti* strains separated by extend multiplicative signal correction improved prediction of physical and chemical variations. **Applied Spectroscopy**, Baltimore, v. 59, n. 1, p. 56-68, Feb. 2005.

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. p. 85-109.

DOWNEY, G. et al. Near- and Mid- infrared spectroscopies in food authentication: coffee varietal identification. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton,v.45, n.1, p. 4357-4361, Jan. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho**: dados estatísticos. Disponível em:<<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/estatisticas/estatisticas>>. Acesso em: 22 nov. 2011.

FARAH, A. F. P.; TRUGO, T. L. C.; MATIN, P. R.Effect of roasting on the formation and degradation of chlorogenic acids lactones in roasted coffee.**Journal of Agricultural and Food Chemistry**,Easton, v.53, n.5, p. 1505-1512, May 2005.

FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canefora* Pierre) torrados. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, set./out. 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. 255-258.

FRANCA, A. S. et al. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.92, n.1, p.345-352, 2009.

FRANÇA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v.38, n.1, p. 709-715, Nov. 2005.

GIOVANNUCCI, D. **Differentiated coffee**. Guatemala: World Coffee, 2010. Disponível em: <http://dev.ico.org/event_pdfs/wcc2010/presentations/wcc2010-giovanucci-e.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

GODINHO, A. et al. Detecção e quantificação de contaminantes em café torrado e moído. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n.7, p. 50-55, 2003. Especial café.

HIGDON, J. V.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 46, n. 2, p. 101-123, Jan. 2006.

HO, C.T. et al. An overview of the Maillard reactions related to aroma generation in coffee. In: ASSOCIATION FOR SCIENCE AND INFORMATION ON COFFEE COLLOQUIUM, 15., 1993, Montpellier. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1993. p. 519-527.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic, 1997. 253 p.

_____. **Espresso coffee: the science of quality**. 2nd ed. San Diego: Elsevier Academic, 2005. 398 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Análise sensorial. In: _____. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo, 2008. p. 279-318.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Field practices up characteristics selective US mechanical harvest and wet US dry process**: technical unit. London: Sponsored by the Promotional Fund, 1991. p. 28. (Quality Series Report, 5).

_____. **Statistics on coffee all exporting countries total production crop years 2010/11 to 2012/13**. Disponível em: <<http://www.ico.org/historical/2010-19/pdf/toproduction.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

JHAM, G. N. et al. The use of fatty acid profile as a potential marker for Brazilian coffee (*Coffea arabica* L.) for corn adulteration. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 19, n. 8, p. 1462-1467, 2008.

KEMSLEY, E. K.; RUAULT, S.; WILSON, R. H. Discrimination between *Coffea arabica* and *C. canephora* variant robusta beans using infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 321-326, 1995.

KERMIT, M.; LENGARD, V. Assessing the performance of a sensory panel: panelist monitoring and tracking. **Journal of Chemometrics, Sensory Analysis**, Chichester, v. 19, n. 3, p. 154-161, Mar. 2005.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. C. *Canephora* P. Accessions. **Food Chemistry**, London, v. 75, n. 2, p. 223-230, Nov. 2001.

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. 110f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

LERCKER, G. et al. La frazione lipidica del caffè: 1., influenza della torrefazione e della decaffeinizzazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v. 35, n. 10, p. 1057-1065, 1996.

LIMA, A. R. et al., Effect of decaffeination of green and roasted coffees on the in vivo antioxidant activity and prevention of liver injury in rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia** (Impresso), v. 23, p. 506-512, 2013.

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

LOPEZ, F.C. Determinação quantitativa das principais substâncias utilizadas para fraudar o café torrado e moído. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 3-8, 1983.

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

MARIA, C. A. B. de et al. Composition of green coffee watersoluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. **Food Chemistry**, London, v. 55, n. 3, p. 203-207, 1996.

MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. Florida: CRC, 1999. 448 p.

MENDONÇA, J. C. F.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Physical characterization of non-defective and defective Arabica and Robusta coffees before and after roasting. **Journal of Food Engineering**, v. 92, p. 474-479, 2009.

MENDONÇA, J. C. F. et al. Estudo preliminar de caracterização física e química de grãos defeituosos de café (PVA) antes e após a torra. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n.7, p.44-49, 2003. Especial café.

MENEZES JUNIOR, J. B. F. Fraudes do café. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 12, p. 111-144, 1952. Número único.

MENEZES JUNIOR, J. B. F.; BICUDO, B. A. A. Sobre um método microscópico para contagem de cascas no café em pó. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 11, p. 13-47, 1958.

MESSERSCHMIDT, I. **Análise quantitativa por espectroscopia no infravermelho médio empregando técnicas de reflectância e calibração multivariada**. 1999. 138 f. Tese (Doutorado em Química Inorgânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MIYA, E. E. et al. Defeito do café e a qualidade da bebida. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 5, p. 417-432, 1974.

MONTAVON, P.; MAURON, A. F.; DURUZ, E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.51, n. 8, p.2335-2343, Mar. 2003.

MORAES, R. C. P. **Efeito da torrefação e da granulometria na composição química do café.** 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MORAIS, S. A. L. et al. Análise química de café arábica (*coffea arabica* L.) e grãos pretos, verdes e ardidos (PVA) submetidos a diferentes graus de torração. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 97-111, jul./dez. 2007.

MOREIRA, M. E. C. et al., Anti-inflammatory effect of aqueous extracts of roasted and green *Coffea arabica* L.. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p. 466-474, 2013.

MOREIRA, R. F. A. et al. 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, P. M. **Estudo da composição química, atividade antioxidante e potencial odorífico de um café conillon, em diferentes graus de torrefação e análise comparativa com café arábica.** 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Chlorogenic ACID isomers, caffeine and trigonellin contents in Brazilian instant coffee. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.

NUNES, C. A. **Chemoface v.1.5.** Lavras: UFLA, 2013. Software.

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, 2007.

OLIVEIRA, R.C.S. O. et al. Evaluation of the potential of SPME-GC-MS and chemometrics to detect adulteration of ground roasted coffee with roasted barley. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22,n. 3, p. 257-261, May 2009.

OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A. G. J.; SCHOLS, H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of coffea arabica beans. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 54, n. 2, p. 183-192, Nov. 2003.

PAES, M. C. D. **Manipulação da composição química do milho**: impacto na indústria e na saúde humana. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/milho/index.htm>. Acesso em: 1 abr. 2010.

PARADKAR, M. M.; SIVAKESAVA, S.; IRUDAYARAJ, J. Discrimination and classification of adulterants in maple syrup with the use of infrared spectroscopic techniques. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. 7, p. 714-721, May 2003.

PAULI, E. D.; VALDERI, C.; NIXDORF, S. L. Método para determinação de carboidratos empregado na triagem de adulterações em café. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 689-694, 2011.

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

PEREIRA, R. G. F. A. et al. Análise sensorial de três marcas de café torrado e moído comercializadas na região sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFEEIRA DO SUL DE MINAS, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. 1 CD-ROM.

PETRACCO, M.; MAREGA, G. Coffee grinding dynamics: a new approach by computer simulation. In: ASSOCIATION FOR SCIENCE AND INFORMATION ON COFFEE COLLOQUIUM, 14., 1991, San Francisco. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1991.p. 319-300.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café**. Lavras: UFLA, 2003. 304 p.

PIMENTA, C. J.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. de R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 23-30, 2000. Edição especial.

PIMENTA, C. J.; VILELLA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.), lavado e submetido à diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 26, p. 3-10, 2001. Edição especial.

RAMIREZ, J. Compuestos fenólicos en la pulpa de café: cromatografía de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L. **Turrialba**, San José, v. 37, n. 4, p. 317-323, oct./dic. 1987.

REID, L. M.; DONNELL, C. P.; DOWNEY, G. Recent technological advances for the determination of food authenticity. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 17, n.7, p. 344-353, July 2006.

REIS, N.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Discrimination between roasted coffee, roasted corn and coffee husks by diffuse reflectance infrared fourier transform spectroscopy. **Journal of Food Science and Technology**, Trivandrum, v.50, n.2, p.715-722, 2013.

RUBAYIZA, A. B.; MEURENS, M. Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by fourier transform raman spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 53, n. 12, p. 4654-4659, May 2005.

RUSTOM, I. Y. S.; LOPEZ-LEIVA, M. M.; NAIR, B. M. UHT-sterilized peanut beverages: kinetics of physicochemical changes during storage and shelf-life prediction modeling. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 1, p. 198-203, 1996.

SABBAGH, N. K.; YOKOMIZO, Y. Efeito de torrefação sobre algumas propriedades químicas de cafés arábicas e conilon. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, p. 147-161, 1976.

SAES, M. S. M.; JAYO, M. **Competitividade do sistema agroindustrial do café**. São Paulo: FIPE Agrícola; Pensa/USP, 1998. 236 p.

SANTOS, M. C. S. **Utilização da espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) e quimiometria na identificação do café torrado e moído adulterado**. 2005. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SILVA, V. A. **Influência dos grãos defeituosos na qualidade do café orgânico**. 2005. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SILVA, V. A. et al. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Vol. 1, No 2, p. 219-229 maio/ago 2008.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**: propriedade, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SIVETZ, M. **Coffee processing technology**. Westport, Connecticut: AVI, 1963. v. 2.

SIQUEIRA, C. R. et al. Tecnologia do café, qualidade e preferências sensorial. In: SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 6., 2008, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UTFPR, 2008. 1 CD-ROM.

SOUZA, R. et al. Teores de compostos bioativos em cafés torrados e moídos comerciais. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 885-890, abr. 2010.

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

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. London: Academic, 1985. 311p.

TAVARES, K. M. et al. Espectroscopia no infravermelho médio e análise sensorial aplicada à detecção de adulteração de café torrado por adição de cascas de café. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 6, p.1164-1168, abr. 2012.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, London, v.15, p. 219-227, 1985.

VALLEJO-CORDOBA, B.; NAKAI, S. Keeping-quality assessment of pasteurized milk by multivariate analysis of dynamic headspace gas chromatographic data: 1., shelf-life prediction by principal component regression. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 4, p. 989-993, Apr. 1994.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. de. Disponibilidade e utilização de resíduos no processamento agroindustrial do café. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 9-16, jan. 1994.

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

VILAS-BOAS, B. M. et al. Seleção de extratores e tempo de extração para determinação de açúcares em café torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1169-1173, set./out. 2001.

VILELA, F. G. et al. Uso da casca de café melosa em diferentes níveis na alimentação de novilhos confinados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 198-205, jan./fev. 2001.

VITZTHUM, O. G. Flavor chemistry. In: TERANISHI, R.; WICK, E. L.; HORSTEIN, I. (Ed.). **30 years of progress**. New York: Kluwer, 1999. p. 117-134.

YOSHIDA, L. M. **Extração de solúveis do café torrado**. 2005. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ANEXOS

ANEXO A– Modelo de ficha de avaliação utilizada na avaliação sensorial das amostras de café

FICHA DE AVALIAÇÃO					
Nome: _____	Data: _____				
Faixa Etária: () 15 a 30 anos; () 31 a 45 anos; () 45 a 60 anos; () mais que 60 anos.					
Avalie a amostra e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou.					
9 – gostei extremamente					Nota
8 – gostei muito	Amostra	Nota	Nota	Nota	Impressão
7 – gostei moderadamente	Nº	Aroma	Cor	Sabor	Global
6 – gostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____	_____
5 – nem gostei/nem desgostei					
4 – desgostei ligeiramente					
3 – desgostei moderadamente					
2 – desgostei muito					
1 – desgostei extremamente					
Cite o que você mais gostou e menos gostou.					

