

JACK ROBSON SILVA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TORRAÇÃO DO CAFÉ PELO
MONITORAMENTO DE PARÂMETROS E PROPRIEDADES
FÍSICAS E SENSORIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação Stricto-Sensu em
Ciências dos Alimentos para obtenção do título
de “Mestre”.

Orientadora
Prof^a. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

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

Silva, Jack Robson.

Otimização do processo de torração do café pelo monitoramento de parâmetros e propriedades físicas e sensoriais / Jack Robson Silva. -- Lavras : UFLA, 2008.

71 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Bibliografia.

1. Café. 2. Processo de torração. 3. Análise sensorial. 4. Curvas de torração. 5. Tempo e temperatura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 663.93

JACK ROBSON SILVA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TORRAÇÃO DO CAFÉ PELO
MONITORAMENTO DE PARÂMETROS E PROPRIEDADES
FÍSICAS E SENSORIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação Stricto Senso em
Ciências dos Alimentos para obtenção do título
de “Mestre”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2008

Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa UFLA

Prof. Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves UFLA

Prof^a. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

SUMÁRIO

	Página
Lista de Siglas.....	i
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
1 Introdução.....	1
2 Referencial teórico.....	4
2.1 Cultivo.....	4
2.2 Pós Colheita.....	4
2.3 Composição química.....	6
2.4 Cafés especiais.....	8
2.5 Torração.....	11
2.5.1 Historico.....	11
2.5.2 Processo de Torração.....	11
2.5.3 Alterações químicas.....	14
2.5.4 Mudanças física.....	19
2.5.4.1 Cor.....	19
2.5.4.2 Expansão volumétrica.....	21
2.5.7 Perda de peso.....	22
2.5.8 Mecanismo de torração.....	23
3 Material e métodos.....	30
3.1 Locais do experimento.....	30
3.2 Origem e preparo da matéria-prima.....	30
3.3 Análises no grão cru.....	31
3.3.1 Umidade.....	31

3.3.2 Densidade aparente.....	31
3.3.3 Dimensão dos grãos.....	31
3.3.4 Classificação dos grãos.....	31
3.4 Processo de torração.....	32
3.4.1 Monitoramento do processo de torração.....	32
3.4.2 Obtenção e padronização dos graus de torração.....	35
3.5 Análises no café torrado.....	38
3.5.1 Peso final.....	38
3.5.2 Determinação da densidade aparente.....	38
3.5.3 Umidade.....	38
3.5.4 Análise das dimensões dos grãos torrados.....	38
3.5.5 Análise sensorial.....	38
3.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	39
4 Resultado e discussões.....	41
4.1 Café cru.....	41
4.1.1 Densidade aparente café cru.....	41
4.1.2 Dimensões dos grãos nos eixos XYZ.....	42
4.1.3 Teor de Água.....	43
4.2 Curvas de torração.....	44
4.2.1 Aplicação da torração lenta nos cafés passa para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.....	45
4.2.2 Aplicação da torração média nos cafés passa para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.....	46
4.2.3 Aplicação da torração rápida nos cafés passa para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.....	46
4.2.4 Aplicação da torração lenta nos cafés cereja descascado para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.....	47

4.2.5 Aplicação da torração média nos cafés cereja descascado para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.....	48
4.2.6 Aplicação da torração rápida nos cafés cereja descascado para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.....	49
4.3 Café Torrado.....	50
4.3.1 Tonalidades de cor.....	50
4.3.2 Perda de peso real e perda de matéria seca.....	51
4.3.3 Teor final de água.....	53
4.3.4 Dimensão dos grãos torrados.....	53
4.3.5 Aumento dimensional proporcional.....	54
4.3.6 Densidade final aparente.....	54
4.3.7 Análise sensorial.....	57
5 Conclusão.....	67
6 Referências Bibliográficas.....	68

LISTA DE SIGLAS

A.S.I.C - Association for Science and Information on Coffee.

SCAA - Specialty Coffee Association of America.

TPCL - Torração Passa Clara Lenta.

TPCM - Torração Passa Clara Média.

TPCR - Torração Passa Clara Rápida.

TPML - Torração Passa Média Lenta.

TPMM - Torração Passa Média Média.

TPMR - Torração Passa Média Rápida.

TPEL - Torração Passa Escura Lenta.

TPEM - Torração Passa Escura Média.

TCDCL - Torração Cereja Descascado Clara Lenta.

TCDCM - Torração Cereja Descascado Clara Média.

TCDCR - Torração Cereja Descascado Clara Rápida.

TCDML - Torração Cereja Descascado Média Lenta.

TCDMM - Torração Cereja Descascado Média Média.

TCDMR - Torração Cereja Descascado Média Rápida.

TCDEL - Torração Cereja Descascado Escura Lenta.

TCDEM - Torração Cereja Descascado Escura Média.

TCDER - Torração Cereja Descascado Escura Rápida.

TPCLT - Torração Passa Clara Lenta Leitura no Termopar.

TPCLL - Torração Passa Clara Lenta Leitura a Laser.

TPCMT - Torração Passa Clara Média Leitura no Termopar.

TPCML - Torração Passa Clara Média Leitura a Laser.

TPCRT - Torração Passa Clara Rápida Leitura no Termopar.

TPCRL - Torração Passa Clara Rápida Leitura a Laser.

TPMLT - Torração Passa Média Lenta Leitura no Termopar

TPMLL - Torração Passa Média Lenta Leitura a Laser.
TPMMT - Torração Passa Média Média Leitura no Termopar.
TPMML - Torração Passa Média Média Leitura a Laser
TPMRT - Torração Passa Média Rápida Leitura no Termopar.
TPMRL - Torração Passa Média Rápida Leitura a Laser.
TPELT - Torração Passa Escura Lenta Leitura no Termopar.
TPELL - Torração Passa Escura Lenta Leitura a Laser.
TPEMT - Torração Passa Escura Média Leitura no Termopar.
TPEML - Torração Passa Escura Média Leitura a Laser.
TCDCLT - Torração Cereja Descascado Clara Lenta Leitura no Termopar.
TCDCLL - Torração Cereja Descascado Clara Lenta Leitura a Laser.
TCDGMT - Torração Cereja Descascado Clara Média Leitura no Termopar.
TCDGML - Torração Cereja Descascado Clara Média Leitura a Laser
TCDGRT - Torração Cereja Descascado Clara Rápida Leitura no Termopar.
TCDGRL - Torração Cereja Descascado Clara Rápida Leitura a Laser.
TCDMLT - Torração Cereja Descascado Média Lenta Leitura no Termopar.
TCDMLL - Torração Cereja Descascado Média Lenta Leitura a Laser.
TCDMMT - Torração Cereja Descascado Média Média Leitura no Termopar.
TCDMML - Torração Cereja Descascado Média Média Leitura a Laser.
TCDMRT - Torração Cereja Descascado Média Rápida Leitura no Termopar.
TCDMRL - Torração Cereja Descascado Média Rápida Leitura a Laser.
TCDELT - Torração Cereja Descascado Escura Lenta Leitura no Termopar.
TCDELL - Torração Cereja Descascado Escura Lenta Leitura a Laser.
TCDEMT - Torração Cereja Descascado Escura Média Leitura no Termopar.
TCDEML - Torração Cereja Descascado Escura Média Leitura a Laser.
TCDERT – Torração Cereja Descascado Escura Rápida Leitura no Termopar.
TCDERL - Torração Cereja Descascado Escura Rápida Leitura a Laser.
SR - Sabor Residual.

RESUMO

SILVA, Jack Robson. **Otimização do processo de torração do café pelo monitoramento de parâmetros e propriedades físicas e sensoriais.** 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Neste trabalho objetivou-se otimizar o processo de torração de grãos de café da espécie *Coffea arabica* L., provenientes de dois tipos de processamentos, cereja descascado e natural, através do monitoramento do tempo e da temperatura de torração. A aplicação de diferentes padrões de cor e curvas de torração teve como propósito evidenciar a combinação entre a melhor configuração das variáveis tempo e temperatura e a tonalidade de cor final para obter o melhor desempenho sensorial de cada café avaliado. Ao final de cada tipo de torração, foram determinadas a tonalidade de cor final dos grãos, a perda de peso, a densidade aparente, as dimensões dos grãos e o teor de umidade. A análise sensorial descritiva da bebida foi feita segundo as indicações da Associação Americana de Café Especiais (ACAA). Os atributos sensoriais avaliados demonstraram, com clareza, as modificações ocorridas em cada tratamento aplicado. O melhor perfil sensorial foi constatado nos cafés submetidos à torração média, os quais apresentaram também maior homogeneidade na expansão dimensional nas três direções investigadas. As técnicas de análises utilizadas revelaram funcionalidade e aplicabilidade para o monitoramento do processo de torração nas indústrias de torrefação e moagem nos setores de controle de qualidade.

*Comitê orientador: Prof. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira –DCA-UFLA (Orientadora), Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Correia –DCA-UFLA (co-orientador), Prof. Dr. Eric Batista Ferreira –DEX-UFLA (co-orientador).

ABSTRACT

SILVA, Jack Robson. **Optimization of the coffee roasting process by parameter monitoring and physical and sensory properties.** 2008. 71 p. Dissertation (Master in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras. *

The target of this paper was the optimization of the *Coffea arabica L.* roasting process derived from pulped cherry and natural processes. To carry this research out, two aspects of control were monitored, time and roasting temperature. Application of different color patterns and roasting curves had the purpose of evidencing the combination of the best combination of time and temperature and the final color tone to obtain the best sensorial performance of each analyzed coffee. At the end of each roasting process, they were determined the final color tone of the coffee beans, the loss of weight, the apparent density, the dimensions of the grains and the moisture level. Descriptive cupping sensorial analysis was performed according to the Special Coffee American Association (SCAA) standards. Appraised sensorial attributes clearly suggested the modifications in each applied treatment. The best sensorial profile was verified in the coffees submitted to the medium roasting level, which also presented larger homogeneity in the dimensional expansion in the three investigated directions. Applied techniques revealed functionality and applicability for the roasting processes controlling of quality control management areas of coffee roasters companies.

*Guidance Committee. Prof. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira –DCA-UFLA (Adviser), Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Correia – DCA-UFLA (co-adviser), Prof. Dr. Eric Batista Ferreira –DEX-UFLA (co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

O café é um produto agrícola cuja qualidade final do grão beneficiado é resultado da interação de vários fatores tais como adubação, tratamentos fitossanitários, estágio de maturação dos frutos, cuidados na colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento. As etapas posteriores como a torração, moagem, empacotamento e o modo de preparo da bebida são de fundamental importância para que o café possa apresentar todos os atributos desejáveis ao ser consumido.

O setor industrial demanda por uma maior inserção do café torrado brasileiro no mercado internacional, pois este envolve alta competitividade, sigilo quanto ao tipo de matéria-prima e processos de industrialização utilizados, além das restrições decorrentes de barreiras econômicas e políticas envolvidas na comercialização. Portanto, para que ocorra essa participação mais efetiva no mercado externo, com a exportação de maior quantidade de café torrado em grão e café torrado e moído, o aprimoramento das técnicas de industrialização é fundamental.

O processo de torração possui papel primordial na qualidade do produto final, por ser nesta etapa que ocorrem as principais alterações físicas e reações químicas que originarão os compostos responsáveis especialmente pela cor, sabor e aroma da bebida.

As alterações físicas manifestam-se, principalmente, pela expansão volumétrica dos grãos e mudanças na sua textura e cor. Em decorrência da transferência de calor, as reações pirolíticas ocorridas ocasionam a formação de vários compostos voláteis e não voláteis originários, principalmente, da reação de Maillard, da hidrólise e condensação de compostos e da caramelização de açúcares. Esses compostos são responsáveis por inúmeras características sensoriais como fragrância, aroma, acidez, corpo, doçura e sabor residual. A

qualidade e intensidade desses atributos dependem da qualidade do café cru, dos equipamentos e dos parâmetros utilizados no controle do processo de torração; tais como: o tempo, a temperatura e o mecanismo de controle exercido sobre esses parâmetros. (Illy & Viani, 1995; SCAA, 2007). A forma de transferência de calor tem fundamental importância no processo de torração. Nos diferentes mecanismos e modelos, a transferência de calor pode ocorrer por radiação, condução ou convecção. Os diversos modelos de torradores utilizam, geralmente, uma combinação desses métodos (Illy & Viani, 1995).

O conhecimento da expansão volumétrica durante o processo de torração é de relevante importância, em razão do impacto exercido na etapa de empacotamento. Em alguns casos, as variações de volume são tão drásticas, que tornam obrigatória a aquisição de sistemas de adensamento para uso nos processos de empacotamento dos cafés torrados e moídos. Esse recurso não pode ser aplicado aos cafés empacotados em grãos torrados; assim, a única solução é a opção pelo super dimensionamento das embalagens, o que acarreta acréscimo de custos para as empresas de torrefação e moagem.

A indústria utiliza, usualmente, grãos de diferentes tipos e origem na composição de suas mesclas ou blends para o diversificado mercado consumidor, como os cafés cereja descascado e natural. No entanto, como esses grãos foram obtidos por diferentes maneiras de processamento, podem ter estrutura física diferenciada e, conseqüentemente, após a torração, possuem características físicas e sensoriais variáveis, as quais podem interferir no processo de empacotamento e na aceitabilidade sensorial do produto.

Conduziu-se este trabalho com objetivo geral de fornecer subsídios que auxiliem a condução do processo de torração de diferentes tipos de café.

O objetivo específico foi o de determinar a melhor interação entre o tempo e a temperatura combinados com três diferentes tonalidades de torração (clara, média e escura), visando a obter o melhor resultado para as variáveis:

perda de massa total, perda de matéria seca, densidade aparente final, expansão dimensional e os atributos sensoriais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivo

O cultivo do café está diretamente ligado à posição geográfica, condições climáticas, composição do solo e altitude. Das 100 espécies descritas do gênero *Coffea*, apenas duas apresentam valor comercial: a *Coffea arabica* L. e a *Coffea canephora*. As duas espécies são usualmente diferenciadas pelas características físicas, formato e cor dos grãos, composição química e atributos sensoriais.

Originária de regiões de altitude mais elevada, de clima úmido e temperaturas mais amenas com média anual entre 18°C a 22,5°C, a espécie *Coffea arabica* L. apresenta arbustos que podem atingir até 4m de altura com uma raiz principal ramificada nas primeiras camadas do solo. As sementes são oblongas, plano-convexas, esverdeadas e revestidas pela película prateada (Mello et al., 1998, citado por Cirilo, 2002).

2.2 Pós colheita

A condução correta das etapas na pós-colheita é de fundamental importância para a qualidade final do café. O preparo e a secagem são importantes fases no processamento de café, tanto no aspecto de consumo de energia como na influência sobre a qualidade (Pimenta, 2003).

No Brasil, em virtude do método de colheita empregado, os frutos recém colhidos constituem uma mistura de frutos verdes, cerejas, passas, bóias, folhas ramos, torrões e pedras. Após a colheita por derriça, no pano ou mecanizada, eles são submetidos aos processos de separação das impurezas, que podem ser feitos por peneiramento manual ou por máquinas de pré-limpeza, essa etapa é realizada ainda na lavoura. Em seguida, os frutos devem passar pelo separador hidráulico, no qual a separação é feita de acordo com a densidade deles, ou seja,

separando os frutos bóias (secos, passas, brocados e mal granados) dos frutos cerejas e verdes (Pimenta, 2003).

O processamento do café pode ser conduzido por via seca ou por via úmida. No primeiro caso, originam-se os cafés naturais e, no segundo, os cafés despolidos, descascados e desmucilados.

A etapa de lavagem dos frutos consiste na separação deles em dois lotes distintos, sendo um formado pelos frutos cereja e verde, mais densos, e o outro pelos frutos menos densos conhecidos como bóia; além de permitir a remoção de materiais como gravetos e impurezas leves.

Após a etapa de lavagem, os frutos bóia podem ser levados diretamente ao pátio de secagem ou serem submetidos primeiro à separação mecânica que é feita com auxílio de uma peneira cilíndrica com perfurações circulares, a qual é utilizada para separação por tamanho, pois os frutos bóia são constituídos de frutos secos, supermaturos e quase secos, chamados de “passa”, frutos chochos e mal granados, frutos verdes e maduros com apenas uma semente desenvolvida. Os frutos mais secos e menores passam através das perfurações, ficando retidos os frutos maiores e mais úmidos (Borém, 2008).

Os frutos maduros e verdes são levados para os descascadores mecânicos, nos quais os frutos cereja têm sua casca e parte da mucilagem removida de forma mecânica, originando o grão cereja descascado. Os frutos descascados podem ser levados a tanques de fermentação para retirada da mucilagem através da fermentação biológica, resultando nos cafés despolidos, ou a equipamentos conhecidos como desmuciladores, que realizam a retirada mecânica da mucilagem resultando nos cafés desmucilados (Borém 2008).

No Brasil, a secagem do café é realizada em terreiros, sendo os pavimentados como o de cimento, asfalto ou tijolos, os mais indicados; em secadores mecânicos ou utilizando uma combinação dos dois sistemas. Na secagem em terreiros, esparrama-se o produto sobre o terreiro em camadas finas

de 5 cm, que devem ser revolvidas várias vezes ao dia (alguns autores indicam no mínimo 10 vezes/dia). Esses procedimentos são de fundamental importância para obtenção de cafés de boa qualidade (Pimenta, 2003). No processo de secagem mecânica, os modelos de secadores mais utilizados são os verticais de fluxo cruzado com câmara de descanso, os secadores cilíndricos rotatórios e os secadores de camada fixa (Carvalho, 1994; Silva, 2000; Silva, 1995), citados por Marques, (2006).

2.3 Composição química

Vários fatores podem influenciar na composição química dos grãos de café como clima, altitude, variedade cultivada, tratamentos culturais, estágio de maturação, o tipo de condução e os processos utilizados em todas as etapas da pós-colheita.

De acordo com Illy & Viani (1995), os grãos de café arábica contêm mais lipídios, sacarose e trigonelina, enquanto os grãos de café robusta apresentam maior percentual de cafeína e ácidos clorogênicos.

Goulart et al. (2007) estudaram os aspectos histológicos e morfológicos de grãos da espécie *Coffea arabica* L. com diferentes padrões de bebida. Os autores verificaram que houve a presença de lipídeos nas células parenquimatosas do endosperma dos diferentes grãos classificados através da análise sensorial como bebida mole, dura e rio. Os corpos lipídicos identificados nos cafés classificados como de bebida mole apresentaram forma globular no interior dos protoplastos. Nos grãos que originaram bebida dura e rio, os lipídeos apresentaram-se homogeneamente distribuídos no tecido dos grãos, de forma dispersa e irregular dentro das células e nos espaços intracelulares.

Segundo Costa e Chagas, citados por Cirilo (2002), há uma relação da qualidade do café com os diversos constituintes físico-químicos responsáveis pelo aroma e sabor característicos das diferentes bebidas que o café pode ter.

Entre esses compostos destacam-se os açúcares, ácidos, compostos fenólicos (ácidos clorogênicos), cafeína, compostos voláteis, ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas.

Na Tabela 1 é apresentada a composição química dos grãos de café arábica e robusta.

TABELA 1 Composição química dos grãos crus de café arábica e robusta (Illy & Viani, 1995).

Componentes	<i>Coffea arabica L.</i>	<i>Coffea Canephora</i>
	% m/m	% m/m
Polissacarídeos	49,9	54,4
Proteínas	9,8	9,5
Compostos Fenólicos	6,5	10,0
Oligossacarídeos	8,0	4,0
Aminoácidos	0,5	0,8
Cafeína	1,2	2,2
Monossacarídeos	1,1	2,4
Ácidos Alifáticos	1,1	1,2
Trigonelina	1,0	0,7
Lipídios	16,2	10,0
Ácido Quínico	0,4	0,4
Minerais	4,2	4,4

As características de aroma e sabor do café são influenciadas pela presença e teores de vários constituintes químicos voláteis. Os ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos, entre outros, e a atuação das enzimas sobre alguns desses constituintes, produzem compostos que interferem no sabor da bebida. Compostos voláteis como aldeídos, cetona e ésteres metílicos são responsáveis pelo odor característico identificado ao se analisar a fragrância do pó e o aroma da bebida.

Centenas desses compostos voláteis aromáticos têm valores sensoriais baixos em frutos verdes que vão aumentando com a maturação, sendo responsáveis pelo sabor do café (Pimenta, 1995).

Pereira (1997) afirma que complexos mecanismos bioquímicos estão envolvidos no processo de formação da cor, sabor e aroma do café durante o processo de torração como as reações de Maillard e de Strecker, caramelização de açúcares, degradação de ácidos clorogênicos, proteínas e polissacarídeos.

2.4 Cafés especiais

O termo *cafés especiais* relaciona-se à alta qualidade dos grãos crus, dos grãos torrados, aos seus potenciais aromáticos e aos padrões de preparo pré-estabelecidos. A obtenção de cafés especiais inicia-se na origem dos grãos e no plantio de uma variedade especial em regiões produtoras que possuam solo e condições climáticas apropriadas. O conceito de especial inclui, também, além dos tratos culturais e os cuidados na colheita e pós-colheita, o preparo para exportação.

Os grãos crus ou denominados também como grãos verdes dos cafés especiais não podem ser defeituosos e têm que possuir atributos sensoriais diferenciados dos cafés comercializados como commodities. A torração desses cafés deve ser conduzida com todo o esmero para que propicie a potencialização do sabor e aroma deles visando a atender ao mercado consumidor. A intensidade da fragrância é fundamental, pois se ela não é forte e marcante, o café não pode ser chamado de especial (SCAA, 2007).

Existem diferentes modos de preparo da bebida. Entretanto, alguns cuidados básicos devem ser tomados como: a verificação da proporção entre a quantidade de pó e de água a ser utilizada, a adaptação correta entre o grau de moagem e o método que será utilizado no preparo, a temperatura da água e o

tempo de contato entre a água e o pó. Os cafés especiais são principalmente definidos na xícara (SCAA, 2007).

Nos últimos anos, o termo “café especial” vem sendo freqüentemente utilizado. O surgimento dos concursos de qualidade no Brasil contribuiu muito para que esse termo fosse popularizado. O método de classificação utilizado para cafés especiais permite ao provador pontuar os atributos que estão sendo avaliados. Esses atributos não são considerados na análise sensorial convencional, que classifica a bebida do café arábica apenas como estritamente mole, mole, apenas mole, duro, riado, rio e rio zona. Entretanto, o consumidor de café precisa de informações mais específicas e uma melhor descrição dos atributos do produto. Tendo como objetivo descrevê-los e pontuá-los, as associações de cafés especiais como a SCAA, criaram métodos e critérios para avaliá-los, conforme abaixo descritos:

Fragrância/Aroma: a definição de fragrância refere-se ao cheiro do café torrado e moído quando ainda seco, e o aroma como o cheiro do café quando diluído em água quente.

Sabor: representa a principal característica do café, sendo a nota da fase central da avaliação. Significa a combinação de todas as percepções captadas na gustação através das papilas gustativas, nas sensações percebidas no palato alto e na área retro-nasal. Abrange a intensidade, qualidade e complexidade da combinação dos gostos básicos, ácido, doce, salgado e amargo, e dos diversos compostos aromáticos existentes no café torrado e moído.

Defeitos: é a detecção de algum sabor negativo na bebida como os fenólicos (riado e rio), fermentados, de terra, madeira ou de sacaria. Essas são características negativas quando detectadas em alguma xícara, ocasionando perda de pontos na somatória final.

Xícara limpa: é o atributo básico para iniciar a pontuação de um café de qualidade. Quando se analisa esse atributo, o provador procura comprovar se o

café está completamente livre de defeitos. No protocolo da SCAA, dois pontos são atribuídos por xícara num total de cinco xícaras.

Doçura: é a sensação de doçura deixada na língua que está relacionada diretamente à uniformidade da maturação dos frutos do cafeeiro. O atributo doçura não é completamente dependente da quantidade de açúcar presente no café torrado, mas também de outros componentes que, combinados entre si, criam sua impressão. Como referência para esse atributo, é utilizada uma solução de sacarose e água a 0,5% m/v como limite mínimo. A esse atributo, são concedidos dois pontos por xícara num total de cinco xícaras pelo protocolo da SCAA.

Uniformidade: refere-se à consistência dos mesmos atributos nas diferentes xícaras avaliadas da mesma amostra. Se uma ou mais bebida do mesmo café apresentar discrepância entre os atributos, aquele deverá ser penalizado na perda dois pontos, que é o valor atribuído a cada xícara no total de cinco.

Acidez: qualidade em acidez não está relacionada com a intensidade e sim com o tipo de acidez, se desejável ou não. É avaliada pela combinação com os demais atributos analisados.

Corpo: a qualidade do corpo é baseada na sensação tátil da bebida do café na cavidade oral, especialmente percebida entre a língua e o palato. Relaciona-se à densidade e textura na boca.

Sabor remanescente: é a sensação percebida após a ingestão da bebida, podendo reforçar ou enfraquecer outros atributos antes analisados. Um bom sabor remanescente é aquele que deixa uma doçura agradável e marcante na boca.

Balanço: é a combinação de todos os atributos. Um café bem balanceado é aquele que apresenta todos eles em perfeita harmonia.

Impressão geral (IG): é a impressão do provador quanto à complexidade e estímulo despertados durante e após a degustação. Por exemplo, um café pode ser considerado complexo ou simples, porém prazeroso.

Nota final: é a somatória de todos os atributos analisados (SCAA, 2007).

2.5 Torração

2.5.1 Histórico

Antes da virada do século XVIII para o século XIX, o café consumido no mundo era torrado em casa, em pequenos torradores domésticos que possuíam formato cilíndrico. No ano de 1865, na cidade Pittsburgh no estado da Pensilvânia nos USA, Arbuckle's iniciou a venda de café torrado em sacos de papel. A idéia foi um sucesso e os volumes de venda aumentaram rapidamente, ocasionando a demanda por torradores com maior capacidade e a construção de uma indústria de torrefação. Nesta época, Jabez Burns, em Nova York, e Von Gimborn, na Alemanha, iniciaram seus projetos para a fabricação de torradores. Anos mais tarde, ocorreu a mudança no hábito dos consumidores da compra de café torrado em grão para a compra de café torrado e moído. Conseqüentemente, houve a necessidade de fabricação de moinhos com maior capacidade de produção, além do desenvolvimento de novos sistemas de embalagem (Sivetz, 1963).

2.5.2 Processo de torração

A torração do café cru é um processo de pirólise brando, durante o qual ocorrem diversas transformações químicas. O grau dessas modificações depende, principalmente, da estabilidade de diversos componentes do café cru ao calor aplicado durante o processo da torração. Durante esse processo, o café perde lentamente, no início, e mais rapidamente, no final, a coloração verde para adquirir uma coloração escura característica. Com o aumento da temperatura de torração, os grãos elevam o volume e há o desenvolvimento do aroma de café torrado.

O processo de torração pode ser definido como o tratamento térmico dos alimentos cuja finalidade é o desenvolvimento dos compostos aromáticos e da cor dos produtos, além de transformar a textura do alimento em questão, facilitando assim a moagem e, em alguns casos, a extração por água, segundo Perren (1995), citado por Schenker (2000). O processo de torração é aplicado a vários alimentos como cacau, nozes, chicória e outras sementes que contém óleo.

O processo de torração é uma das mais importantes operações envolvidas no sistema de transformação dos grãos de café cru em grãos aromáticos. O principal objetivo dessa operação é produzir o aroma e sabor desejáveis (Clarke, 1987).

Durante o processo de torração, ocorrem três fases distintas: secagem, pirólise e resfriamento. No início do processo de torração, o grão de café possui cerca de 8 a 13% de água. Os grãos são expostos a altas temperaturas durante o ato de torração, chegando a faixas de 220°C a 280°C, o que ocasiona a evaporação da água.

O maior percentual de umidade é evaporado nos primeiros minutos da torração, período este que pode ser curto, em torno de 2 a 5 minutos, ou longo, podendo atingir 8 minutos. Essa variação depende do método de torração utilizado e também da curva de torração desejada, usualmente o tempo de torração é de 15 minutos.

O início do escurecimento, com transformação da tonalidade de cor verde para amarelada, ocorre em oito minutos aproximadamente, quando os grãos sofrem elevação da temperatura para 150°C. É nesta etapa, entre 127°C a 188°C, que a perda de água ocorre com maior intensidade.

A formação da tonalidade marrom clara ocorre entre 11 a 12 minutos e a temperatura dos grãos aumenta para 200°C. Com 14 minutos, na temperatura de 210°C, o escurecimento continua e a tonalidade é transformada em um

marrom mais escuro. Com 16 minutos, os grãos atingem a temperatura de 232°C e a tonalidade de cor é marrom escura, sendo esse o ponto próximo do grau de torração que denominamos como *French roast*. Com a continuidade desse processo por mais alguns minutos, a temperatura poderá ultrapassar os 232°C, atingindo o grau de torração denominado *Italian roast*, com uma cor marrom bem escura, temperatura de 240°C e perda de 20% do peso (Sivetz, 1963).

A transferência de calor é feita do exterior dos grãos para o interior; de forma inversa, ocorre a translocação dos componentes voláteis, ocasionando um diferencial de temperatura nas diferentes partes do grão, que pode ser de até 50°C no início da torração (Jansen, 2006).

O tempo e a temperatura de torração e, conseqüentemente, a cor do café torrado dependem do tipo de grão, do método de torração utilizado, do teor de umidade inicial e da taxa de transferência de calor. Uma grande quantidade de calor é liberada dos grãos de café durante a torração, em decorrência das reações de pirólise e degradação da sacarose. Sivetz (1974) mediu a temperatura em função do tempo e apresentou seus resultados em Hamburgo na reunião da A.S.I.C. em 1975, mostrando que a liberação térmica é mensurável e está diretamente ligada à qualidade sensorial do café cru. Os cafés cultivados em regiões mais altas, com melhor sabor e aroma, liberam mais calor que os cultivados em regiões mais baixas.

As reações de pirólise formam vários compostos aromáticos como o dióxido de carbono, aldeídos, cetonas, ácido acético, metanol, triacilgliceróis e glicerol, dos quais muitos são volatilizados.

Os grãos de café são removidos da câmara de torração quando é alcançada a cor desejada, sendo imediatamente resfriados pelo ar ambiente ou pelo uso de água, na forma de spray. Em alguns casos, a água é injetada ainda no interior da câmara de torração, como nos torradores industriais que processam um volume maior de grãos. Grande parte da água que é usada no resfriamento

evapora. O resfriamento dos grãos durante o processo de torração paralisa as reações de pirólise (Sivetz, 1963).

2.5.3 Alterações Químicas

Durante o processo de torração do café, ocorrem diversas e complexas reações químicas que originam os atributos sensoriais da bebida. Os principais componentes químicos do café cru e as modificações que ocorrem nele estão descritas a seguir.

A sacarose constitui de 7% a 8% do grão verde e, dentre os açúcares solúveis do café, é o que sofre maior degradação no processo de torração, sendo rapidamente transformada em produtos caramelizados, responsáveis pela cor. Inicialmente, ocorre a desidratação desse carboidrato, seguida pela hidrólise a açúcares redutores. Com a elevação da temperatura, os açúcares redutores são desidratados, polimerizados e parcialmente degradados a compostos orgânicos voláteis, água e gás carbônico (Sivetz, 1963). A degradação da sacarose é dependente do grau de torração, ocorrendo o aparecimento de pentoses como arabinose e ribose, nas torrações mais intensas (Sabbagh & Yokomiso, 1977), citados por Schenker (2000).

O amido e as dextrinas originam água e polissacarídeos solúveis. Uma pequena porção dos amidos é parcialmente degradada, liberando água e dióxido de carbono. O restante pode ser caramelizado ou até mesmo carbonizado, dependendo do grau de torração (Sivetz, 1963).

As pentosanas são decompostas parcialmente em furfural, o qual está presente em nível bem alto na torração clara, sendo sua presença facilmente identificada pela fragrância de cereal (Sivetz, 1963).

A celulose, hemicelulose e lignina são constituintes que ligam os materiais da estrutura celular dos grãos. Esses componentes não são muito afetados pela torração e são, na maioria das vezes, insolúveis em água. A

hidrólise ou carbonização deles é pequena se comparada a de outros carboidratos, no entanto, são importantes partes da estrutura celular dos grãos, exercendo função de resistência à pressão originada no interior das células. A pressão criada pelos gases internamente nessas moléculas no momento em que a pirólise está ocorrendo, modifica a estrutura celular, causando um inchaço e a liberação de dióxido de carbono (Sivetz, 1963, Coffee Chemistry, 2007). Em processos de torração em que o tempo utilizado é mais curto, o efeito provocado pelo inchaço das células é maior, pois as moléculas de dióxido de carbono e água são liberadas simultaneamente, aumentando a pressão exercida na estrutura dos grãos (Illy & Viani, 1995).

O pH e a acidez são importantes na qualidade sensorial da bebida. A acidez depende de diversos fatores, tais como: a variedade do café, idade dos grãos, grau de torração, manipulação comercial do produto, bem como da relação entre a concentração de ácidos e pH (Sivetz, 1963). França et al. (2001) constataram que o pH é pouco modificado durante a fase inicial da torração, ocorrendo uma queda a seguir quando atinge um valor mínimo com posterior elevação. A redução do pH pode estar associada à formação de ácidos nas reações de decomposição dos açúcares, descarboxilação de ácidos formados pelo rearranjo de açúcares e descarboxilação dos ácidos clorogênicos, resultando em ácido quínico e cafeolquínico (Lentner & Deatherage, 1959; Menezes, 1990) citados por Borges et al., (2004). O conteúdo de ácidos voláteis e não-voláteis varia com o grau de torração. Os ácidos voláteis são formados pela pirólise de carboidratos e proteínas. Os ácidos não-voláteis existentes no café cru variam e se decompõem mais rapidamente com o aumento do grau de torração (Sivetz, 1963).

Os ácidos clorogênicos ocorrem em maior concentração no café cru. A intensidade de degradação varia em função do grau de torração (Sivetz, 1963, Coffee Research Science, 2007). Alves et al. (2006) constataram, em café

arábica, um percentual de 0,47 em grãos de torração média e de 0,26 em torração escura.

Os ácidos carboxílicos são todos os ácidos que possuem um grupo carboxílico (-RCOOH), e uma xícara de café pode conter em torno de trinta diferentes ácidos carboxílicos.

O grão cru possui de 0,7% a 1,4% de ácido cítrico e o grão torrado de 0,3% a 1,1%. Em consequência da sua decomposição rápida na torração, sua concentração é maior nos graus de torração clara e média (Sivetz, 1963).

A maioria do ácido quínico presente no café torrado é produto da decomposição do ácido clorogênico. Sua concentração é de 0,3% a 0,5% no grão cru e de 0,6% a 1,2% no café torrado. Sua degradação origina fenóis, catecol, hidroquinona, pirogalol e difenois importantes na formação dos aromas do café (Sivetz, 1963).

A concentração do ácido acético nos grãos crus é pequena, porém, durante os primeiros minutos do processo de torração, a decomposição dos carboidratos produz pequenos fragmentos de vários ácidos naturais. É comum detectar um aumento de 25% na concentração inicial. O ácido acético é volátil e pode ser detectado na análise da fragrância do café (Sivetz, 1963).

A maioria dos compostos voláteis pertence ao grupo dos aldeídos e cetonas que são formados a partir da degradação das proteínas e carboidratos no processo de torração (Sivetz, 1963), podendo ficar retidos na estrutura celular dos grãos. Schenker et al. (2002), utilizando um torrador de laboratório com leito fluidizado e capacidade máxima de 100g de grãos crus por batelada, avaliaram o impacto de diferentes condições de torração na formação dos compostos aromáticos. Os resultados obtidos demonstraram que os cafés submetidos à torração lenta (dez minutos) apresentaram uma menor concentração dos compostos aromáticos em relação aos grãos submetidos à curva de torração rápida (dois minutos e trinta segundos). Entretanto, a alta

concentração de compostos aromáticos não foi relacionada com a qualidade sensorial do café, já que os grãos submetidos à torração rápida apresentaram uma maior concentração de compostos relacionados a notas aromáticas herbáceas, de especiarias, terra e tabaco queimado.

As proteínas são desnaturadas em temperaturas inferiores a das reações de pirólise. A hidrólise das ligações peptídicas libera algumas carbonilas e aminas. Compostos sulfídicos hidrogenados são evaporados em grande quantidade o que torna difícil sua presença no café torrado. Os cafés cultivados em altitudes elevadas liberam e retêm dimetil sulfeto, um importante constituinte do aroma e sabor dos cafés de qualidade. Uma pequena quantidade de metil mercaptana e dimetil sulfeto também são liberados. O odor de peixe e amoniacal que os cafés com grau de torração muito escuro possuem é proveniente das aminas. As partículas insolúveis das proteínas são parcialmente associadas com substâncias gordurosas, e quando se prepara a bebida do café muitas proteínas estão presentes nas partículas coloidais originando a turbidez da bebida. Os aminoácidos livres, peptídeos e proteínas com grupos aminoácidos livres reagem com os açúcares redutores para formar glicosilaminas, aminoaldoses ou aminocetonas, por condensação (Illy & Viani, 1995). Os aminoácidos reagem com os componentes do grupo α -dicarbonil durante a degradação de Strecker e formam amicetonas (Illy & Viani, 1995).

A trigonelina ou também conhecida como ácido nicotínico é uma importante base nitrogenada não é completamente degradada com a torração.

A cafeína é termo-estável (Sivetz, 1963).

Os triacilgliceróis presentes em torno de 12% do grão cru são susceptíveis à quebra nos pontos de duplas ligações, no entanto são também termoestáveis e as elevadas temperaturas alcançadas durante a torração não promovem mudanças em 95% desses compostos. Os óleos naturais vegetais são glicerídeos e o aquecimento na presença da água e ácidos propicia hidrólise,

gerando glicerina e ácidos gordurosos. Com a liberação dos óleos coloidais durante o processo, há formação de uma fumaça vermelha. A torração promove a ruptura da estrutura celular dos grãos, liberando o óleo que estava ligado quimicamente, estes óleos iniciam um processo de movimentação livre pelos grãos, possibilitando evidenciar fisicamente as gotículas superficiais nos grãos que são submetidos a um grau de torração mais intenso (Sivetz, 1963).

O dióxido de carbono não existe livre no grão cru, sendo formado em razão da pirólise. Aproximadamente 1% do grão cru transforma-se em dióxido de carbono durante a torração e em torrações mais escuras este percentual pode chegar a 2%. O dióxido de carbono é um produto da decomposição dos ácidos carboxílicos liberado durante o processo de torração. O café torrado em grão armazena melhor o dióxido de carbono que o café torrado e moído, pois este possui uma superfície de contato maior, o que faz com que absorva umidade mais rapidamente, reduzindo a distância a ser percorrida para a volatilização (Sivetz, 1963).

Os minerais são separados durante a torração de suas origens orgânicas e catalisam as reações de pirólise. Os fosfatídeos integram a parte coloidal da bebida do café. O potássio e o íon de cálcio alcalino formam sais com os ácidos orgânicos quando liberados de suas formas químicas originais (Sivetz, 1963).

As primeiras reações que ocorrem na torração são endotérmicas, pois os grãos estão absorvendo calor, porém, no final do processo, as reações químicas passam a ser exotérmicas. Não existe um consenso entre os pesquisadores sobre o início e o final de cada tipo de reação. Illy & Vianni (1995) afirmam que as reações mudam de endotérmicas para exotérmicas em temperaturas em torno de 160°C. Strenli (1973), citado por Schenker (2000), afirma que a mudança ocorre em temperaturas em torno de 190°C. Essas reações químicas não estão completamente elucidadas em razão da grande dificuldade de reprodução ou simulação das mesmas em laboratório, porém importantes informações foram

obtidas pelas comparações feitas entre os componentes dos grãos de café cru e os componentes dos grãos torrados. Algumas das mais complexas e abrangentes reações afetam principalmente os carboidratos do grão cru, entre as quais destacam-se a reação de Maillard, a degradação de Strecker, pirólise e caramelização, todas elas influenciam diretamente a formação do aroma, sabor e cor do café torrado (Jansen, 2006).

2.5.4 Mudanças físicas

As mudanças físicas que ocorrem nos grãos de café durante o processo de torração são facilmente medidas e observadas. A perda de água e a expansão volumétrica fazem com que o tecido celular dos grãos de café passem a ter uma textura seca e quebradiça, o que facilita o processo de moagem e a capacidade de extração dos sólidos solúveis (Jansen, 2006).

As principais mudanças físicas são a de cor, da textura e microestrutura, e o aumento do volume. Dependendo do café verde utilizado, da curva e do grau de torração, o aumento volumétrico pode representar o dobro do volume inicial. (Jansen, 2006; Perren & Schenker, 2002).

2.5.4.1 Cor

O método e tempo de torração, umidade inicial e taxa de transferência de calor têm importante papel nas mudanças de cor que ocorrem nos grãos. Outros fatores como espécie e variedade do café utilizado, altitude da área onde ele foi cultivado e o tipo de processamento também influenciam nestas mudanças. Cafés cultivados em áreas mais elevadas apresentam a seguinte seqüência de mudança de cor: do verde para amarelo, amarelo para marrom, marrom claro para marrom escuro e de marrom escuro para marrom negro. Cafés cultivados em áreas de menor altitude apresentam seqüência diferente,

passando da cor verde para pálida, pálida para incolor, incolor para amarela, amarela para marrom claro, castanha, castanha escura e preta (Jansen, 2006).

Os graus de torração aplicados a cada café terão influência direta no resultado final. De acordo com a cor desejada, as características químicas, físicas e sensoriais podem mudar de forma drástica. O conhecimento básico dessas mudanças pode auxiliar as indústrias torrefadoras na composição de seus blends.

O café submetido à torração clara possui acidez acentuada, pouco aroma, corpo e doçura moderada. Quando submetido à torração média, o café pode ter uma acidez equilibrada, aroma acentuado lembrando nozes, chocolate, caramelo, o corpo e a doçura bem pronunciados. Na torração escura, a acidez e o corpo são reduzidos, o aroma é acentuado, porém desagradável lembrando resinas, óleo queimado, peixe. A doçura é substituída pelo amargor intenso (SCAA, 2004).

Na Tabela 2, são apresentados os graus de torração com seus respectivos efeitos nos atributos sensoriais e a influência na perda de peso. O sistema utilizado pela SCAA não é considerado oficial, sendo importante salientar que não existe um sistema de medida que expresse com exatidão os diferentes graus de torração utilizados em todo o mundo.

Vários equipamentos foram desenvolvidos com o intuito de auxiliar a determinação do grau de torração. Nos Estados Unidos e Japão, os equipamentos mais utilizados são os da marca Agtron; na Europa, os das marcas Probat e Neuhaus Neotec. Na literatura científica, constata-se que as pesquisas com medidas de cor utilizam o sistema de medida $L^* a^* b$.

O grau de torração pode ser medido pela cor ou pela perda de peso que ocorre durante o processo, sendo que esta é consequência da perda de umidade e de uma fração de material orgânico volatilizado durante o processo pirolítico (Illy & Viani, 1995).

TABELA 2 Influência dos graus de torração nas características sensoriais do café torrado (Specialty Coffee Association of América – SCAA 2007).

Disco de Agtron	Temperatura °C	Torração	Perda de Peso	Característica Sensorial
75	215	Moderadamente Clara	15%	Limpo, Áspero.
65	221	Média Clara	16%	Chocolate ao Leite.
55	230	Média	17%	Caramelo Chocolate Amargo.
45	237	Moderadamente Escura	19%	Leve Queimado
35	243	Escura	20%	Pungente Queimado.

2.5.4.2 Expansão volumétrica

A expansão volumétrica é uma mudança macroscópica facilmente evidenciada durante o processo de torração. Clarke (1987) descreveram, que a expansão volumétrica dos grãos ocorre de forma progressiva, mas incluíram a "opping fase", porém, a definição não ficou bem clara, pois os autores não determinaram se esta fase ocorre no momento em que se pode ouvir o som parecido com estouro de pipoca acompanhado de uma expansão volumétrica mais acentuada, ou como um momento específico de expansão.

De acordo com Schenker (2000), a expansão volumétrica é resultante da pressão gerada pela evaporação da umidade residual dos grãos de café cru, dos gases formados durante o processo de torração e da redução da resistência da parede celular decorrentes das mudanças na microestrutura celular e nos componentes poliméricos, os quais passam do estado rígido para o elástico. O estado dos componentes poliméricos tem influência direta nas transformações ocorridas na microestrutura dos grãos de café durante a torração.

Schenker et al. (2000) estudaram o percentual de expansão volumétrica e as modificações ocorridas na microestrutura celular dos grãos de café submetidos a duas curvas de torração diferentes (lenta e rápida). Os autores concluíram que os grãos submetidos à torração rápida apresentaram maior expansão volumétrica e maior abertura dos micro poros da parede celular em relação aos grãos submetidos à torração lenta.

Geiger et al. (2002) relatam que durante o processo de torração, o volume dos grãos de café aumenta em razão das mudanças ocorridas no estado físico da parede celular, pois os componentes poliméricos assumem um estado elástico. Assim, estes componentes quando passam a ter a textura parecida com borracha são menos resistentes, facilitando a perda de massa e a expansão volumétrica dos grãos. No final do processo de torração ou no processo de resfriamento, os componentes da parede celular retornam ao estado rígido. A densidade aparente final depende da curva de torração, da temperatura final de torração, mais independem do teor de umidade inicial dos grãos.

O aumento de volume dos grãos na torração pode ocorrer em relação ao comprimento (eixo X), largura (eixo Y) e altura (eixo Z). Este fenômeno ocorre porque as células periféricas, em razão da sua permeabilidade, não comportam o volume de gás que é formado na torração (Jansen, 2006). Este fenômeno ocasiona a diminuição da densidade e origina uma textura porosa e quebradiça (Jansen, 2006).

2.6.7 Perda de Peso

A perda de peso no processo de torração está relacionada à evaporação da água contida no café cru e aos gases gerados nas reações químicas e transformações físicas. O total da perda de peso pode ser de 14% a 20% dependendo de fatores como a umidade inicial dos grãos, o grau de torração desejado, a curva e mecanismo de torração (Clarke, 1987).

Segundo Illy & Viani (1995), 70% dos gases gerados durante o processo de desidratação são de vapor de água e 30% de dióxido de carbono. Puhlmann & Meister (1989), citados por Schenker (2000), afirmam que o processo de desidratação ocorre em três etapas. Na primeira etapa, dá-se uma desidratação lenta, em temperaturas abaixo dos 100°C. A segunda acontece de forma mais acelerada, em temperaturas acima dos 100°C e entre as temperaturas de pirólise. A máxima desidratação ocorre quando as mudanças físicas são mais evidentes.

Há uma expressiva perda de matéria seca, principalmente na forma de gás carbônico, monóxido de carbono, nitrogênio, ácidos voláteis e componentes aromáticos do grupo CH e água, a qual é formada durante as reações de pirólise (Jansen, 2006).

A eliminação da película prateada que fica aderida aos grãos de café cru também influencia na perda de peso. Segundo Jansen & Lansen (2002), o percentual dessa película vai depender do tipo e da qualidade do café cru utilizado. Cafés oriundos do processamento via úmida apresentam um percentual menor que os obtidos pelo processamento via seco. A quantidade dessa película no café arábica é de 0,3 a 0,9%, enquanto no robusta é de 1,8%.

2.5.8 Mecanismos de torração

O tempo e a temperatura de torração dependem do mecanismo que estará sendo utilizado.

Para a torração de 1kg de café cru, são necessários, aproximadamente, de 60 a 100 kcal. Essa energia pode ser transferida para os grãos de café por diferentes processos físicos: por condução, através do contato com a superfície aquecida da parede da câmara de torração; por radiação, pelo aquecimento da superfície dos grãos em razão da proximidade com as paredes aquecidas da câmara e por convecção, através do ar quente que envolve os grãos formando um fluxo laminar e turbulento. Portanto, as três formas de transferência de calor

ocorrem durante a torração em todos os mecanismos, porém o método predominante irá depender do tipo de torrador utilizado (Illy & Viani, 1995).

Os torradores industriais atuais mudaram de forma significativa se comparados com os primeiros modelos desenvolvidos, nos quais a única forma de transferência de energia utilizada era a condução. Nos primeiros torradores industriais, a transferência de calor era feita pelo contato dos grãos com as superfícies aquecidas, porém o café não é um bom condutor de calor, assim, os pontos que entram em contato com as superfícies aquecidas apresentavam-se queimados ao final do processo (Illy & Viani, 1995).

Os equipamentos mais utilizados atualmente são os torradores de tambor rotativo na posição horizontal. Esses torradores podem ser operados em batelada ou em fluxo contínuo e as paredes da câmara de torração podem ser perfuradas ou sólidas. Os torradores com câmara de torração na posição vertical são operados essencialmente em batelada. Os de leito fluidizado ou “Fluidised Beds”, funcionam no sistema de bateladas, mas alguns projetos foram feitos com o objetivo de desenvolver esse mecanismo com fluxo contínuo (Clarke, 1987).

Alguns modelos de torradores com os respectivos métodos de torração são descritos a seguir com mais detalhes. Exemplos de torradores que possuem a câmara de torração na posição horizontal e funcionam no sistema de batelada são os torradores Probat modelos “G” , Burn modelo “Thermal” e torrador Barth “Tornado”. O método de torração utilizado nesses modelos é semelhante, sendo que o torrador Probat possui a câmara de torração com duas paredes sólidas, o ar quente é proveniente do sistema de fornalha, em que o calor pode ser gerado por óleo diesel ou gás GLP. O calor gerado aquece o ar que entra na câmara de torração pela parte posterior, passando pelos grãos de café que estão em movimento, sendo o ar quente coletado na parte frontal da câmara de torração para que possa ser recirculado. Esse modelo tem capacidade para torrar em média 240 kg de café verde por batelada, com um tempo de torração

aproximado de 10 a 15 minutos. O aquecimento é programado em dois estágios, através de um controle e monitoramento da temperatura dos grãos. Uma grande quantidade de calor é utilizada nos primeiros instantes do processo de torração, seguida por uma quantidade menor antes do início das reações exotérmicas. Essa série de torradores foi trocada pelos torradores modelo R e RR, substituídos hoje pelos torradores Neptuno, os quais incorporam a recirculação do ar quente e também dos gases liberados durante a torração por sistemas de ciclones. Nesse sistema, os gases retornam à fornalha, para que possam ser queimados os resíduos que se originam no processo de torração. Pela Figura 1 constata-se o tambor na posição horizontal com parede sólida utilizado nos torradores citados acima.

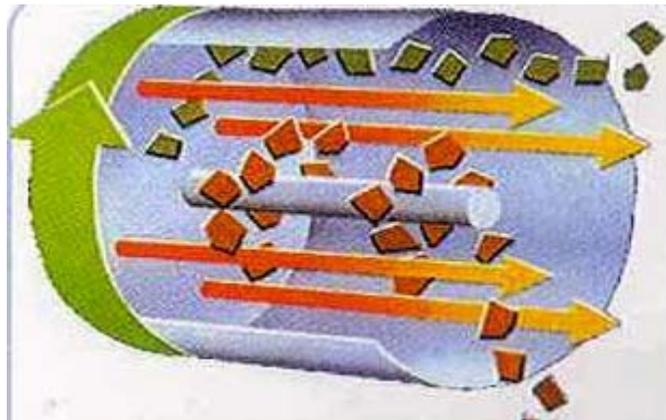


FIGURA 1 Tambor com paredes sólidas. (Probat, 2004).

O torrador Burns “Thermal” difere dos modelos Probat, pois as paredes da câmara de torração são perfuradas, permitindo que o ar quente entre na câmara de torração passando por toda a massa de grãos e, através das

perfurações, retornem para a fornalha para queima dos resíduos recolhidos na câmara (Clarke, 1987).

Alguns torradores de fabricação nacional também possuem sistemas de torração semelhantes aos citados. Os modelos “OPUS” da empresa Lilla, em todas as suas versões, e “Rápido” da empresa Leogap, apresentam o mecanismo de tambor horizontal e operação em bateladas.

As empresas Burns e Leogap foram compradas pela empresa alemã Probat e hoje fazem parte desse grupo.

A Burns foi a primeira a oferecer torradores com fluxo contínuo no ano de 1940, usando câmara de torração e de resfriamento perfuradas. A capacidade de produção era de 1360 kg/h, com velocidade do cilindro de 2 a 7 rpm; o tempo de torração variava de 5 a 7 minutos, dependendo do tipo dos grãos utilizados e do grau de torração desejado. Os grãos eram divididos dentro da câmara de torração por meio de estruturas em espiral como roscas sem fim e um disco central separava a câmara de torração da câmara de resfriamento, conforme representado na Figura 2. Esse torrador também possuía um sistema de recirculação de ar quente e a temperatura do ar era de aproximadamente 250°C a 500°C.

A empresa Probat disponibilizou o modelo “RC” em 1980. O torrador também possuía um sistema de recirculação de ar quente, com um sistema de limpeza dos resíduos gerados durante o processo de torração. Neste modelo, o ar quente entrava na câmara de torração por meio de uma extremidade e passava através de toda a massa de café por todo o eixo horizontal. A câmara de resfriamento era situada abaixo da câmara de torração e o tempo de torração era de 3 a 6 minutos (Clarke, 1987).

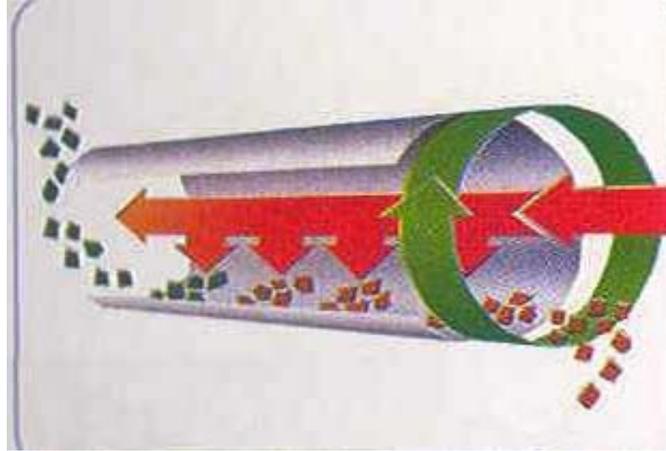


FIGURA 2 Desenho da câmara de torração dos torradores de fluxo contínuo. (Probat, 2004).

Pela Figura 3, ilustra-se o sistema com câmara de torração na posição vertical e pás, desenvolvido pela empresa Gothot e utilizado no modelo “Rápido-Nova”. O movimento gerado pelo conjunto de pás em torno do eixo horizontal faz com que a movimentação do ar e dos grãos de café aumente; dessa forma, a transferência de calor entre o ar quente e os grãos de café ocorre de maneira mais intensa e uniforme. A exaustão dos gases gerados durante o processo de torração era feita por um ventilador localizado no topo do cilindro vertical. Após atingir o grau de torração desejado, o café era deslocado para um compartimento em forma de vaso para poder resfriar (Clarke, 1987).

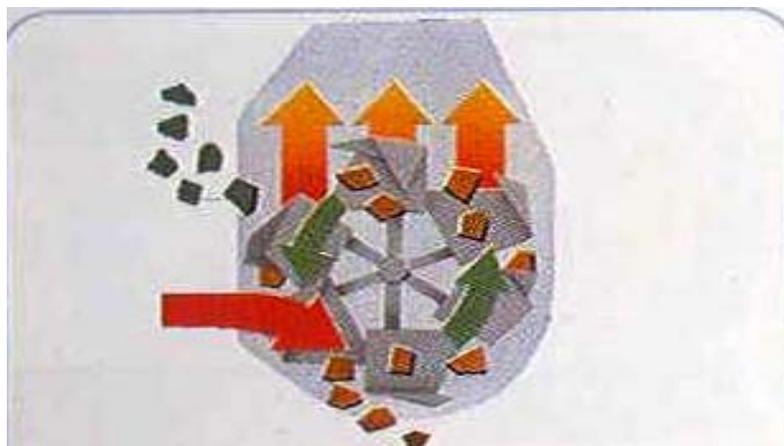


FIGURA 3 Câmara de torração na posição vertical. (Probat, 2004).

Os torradores da série “RZ” da empresa Probat possuem câmara de torração em formato de tigela conforme Figura 4. Os grãos de café são levados para o centro da câmara de torração com auxílio de tubos de alimentação e pela ação de força centrífuga e da alta temperatura do ar os grãos são carregados para a periferia da câmara de torração (Clarke, 1987). A série “RZ” de acordo com o fabricante recebeu algumas melhorias, entre elas, o aumento da eficiência do sistema de resfriamento, pelo aperfeiçoamento do sistema de injeção de ar frio que circula de forma uniforme na câmara de resfriamento, promovendo um resfriamento mais rápido e, conseqüentemente, maior eficiência na manutenção do aroma. O controle do fluxo de ar em todas as etapas de torração e resfriamento faz com que o uso de energia seja mais controlado, evitando desperdício (Probat, 2007).



FIGURA 4 Câmara de torração no formato tigela (Probat, 2004).

3 MATERIAL E METODOS

3.1 Locais dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras e na empresa Café Bom Dia Ltda., em Varginha MG.

3.2 Origem e preparo da matéria-prima

Os grãos de café utilizados foram da espécie *Coffea arabica* L., variedade Catuaí, originários dos frutos bóia e cereja descascado, produzidos no mesmo talhão na Fazenda Sete Cachoeiras, município de Três Pontas, região sul de Minas Gerais.

A colheita foi feita por derriça e o tempo decorrido entre a colheita e o processamento não ultrapassou duas horas. O processo de secagem foi cuidadosamente conduzido em terreiro pavimentado com cimento até a umidade de 11%. Após o beneficiamento foram coletados grãos de vários locais do armazenamento, perfazendo um total de 120 kg de café, sendo 60 kg de café bóia e 60 kg de café cereja descascado. As amostras foram transportadas para o Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras e armazenados em sala climatizada sob temperatura aproximada de 15°C. Os cafés foram rebeneficiados manualmente, nas peneiras 16/17/18, e preparados como tipo 4 com 18 defeitos de acordo com a Instrução Normativa nº 08, de julho de 2003 (Brasil, 2003), com a retirada dos defeitos preto, preto-verde, verde, ardido, brocados rendados e quebrados.

Parte dos grãos crus foi utilizada para a realização das análises e o restante foi utilizado para a obtenção das curvas de torração nos diferentes tratamentos realizados.

3.3 Análises do grão cru

3.3.1 Teor de umidade

Foi realizada pelo método padrão de estufa a 105°C por 24 horas (AOAC, 1990).

3.3.2 Densidade aparente

Foi determinada utilizando proveta graduada de 1000 mL e balança de precisão de 0,01 g. Foram pesados 250g de amostra de café em grão cru, que foi a seguir, cuidadosamente vertida em proveta graduada. O volume obtido na proveta foi anotado e convertido em kg. m^{-3} .

3.3.3 Dimensão dos grãos

Com o auxílio de um paquímetro foi realizada a medição das três dimensões XYZ (Figura 5) de 90 grãos de cada tipo de café utilizado, cereja descascado e natural passa, (Fischer & Cammenga, 2002).



FIGURA 5 Dimensões x, y e z do café em grão cru.

3.3.4 Classificação dos grãos

Foi realizada previamente a classificação e análise sensorial dos grãos de café utilizados.

A classificação foi feita de acordo com o procedimento descrito na instrução normativa nº. 8 de 11 de junho de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sobre as características de identidade e qualidade para café beneficiado grão cru (Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1992).

3.4 Processo de Torração

3.4.1 Monitoramento do processo de torração

O processo de torração foi realizado em um torrador da marca Probat modelo Probatino, com capacidade para torrar de 800g a 1200g, com queimador localizado abaixo da câmara de torração. A fonte para geração de calor utilizada foi o gás butano. A transferência de calor nesse torrador é realizada por convecção (70%), em decorrência do fluxo de ar e da proximidade dos grãos com a parede aquecida da câmara de torração e por condução (30%).

O contato dos grãos com a parede aquecida da câmara de torração é pequeno, mas suficiente para que ocorra transferência de calor da superfície metálica para os grãos de café, de acordo com o informe técnico da empresa fabricante.

A temperatura inicial do torrador para todos os tratamentos foi de aproximadamente 150°C. As medidas foram efetuadas utilizando-se termopar do próprio torrador e termômetro a laser. O termopar foi o do tipo J flexível, marca Salcas, que permite a leitura de 0°C a 300°C, aferido com precisão de mais ou menos 4°C. O termômetro a laser foi o da marca Fluke, modelo mini ir Thermometer, com faixa de leitura entre -30°C e 300°C.

O termopar do torrador localiza-se na parte central da porta de abertura da câmara de torração, como mostrado na Figura 6. A haste metálica do termopar, medindo 19,5mm, que entra em contato com os grãos de café durante a torração, está mostrada na Figura 7.



FIGURA 6 Indicação da localização do termopar e legenda de calibração na porta da câmara de torração fechada.

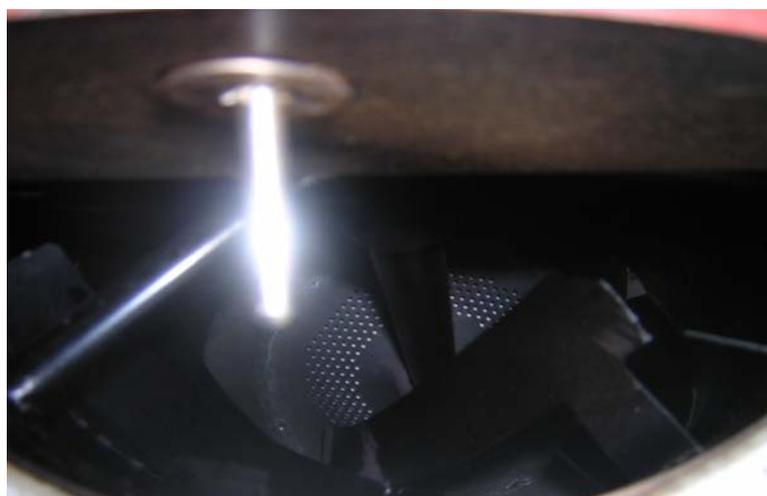


FIGURA 7 Localização da haste do termopar na porta da câmara de torração aberta.

Para o monitoramento da temperatura utilizando o termômetro a laser, o mesmo foi instalado no compartimento de aferição do ponto de torração (Figura 8).



FIGURA 8 Localização do termômetro a laser para monitoramento da temperatura de torração.

O monitoramento a laser foi realizado em razão da variação de temperatura nas diferentes posições da câmara de torração. Fator explicado pela forma de leitura realizada pelo termopar, o qual recebe calor transferido pelo fluxo de ar e do contato com os grãos de café, que estão em constante movimento na câmara de torração, enquanto o termômetro a laser só faz sua leitura por meio do contato direto do laser com os grãos de café.

Para a execução das curvas de torração, foi pesado 1 kg de café em balança semi-analítica de precisão 0,01g, o qual foi introduzido na câmara de torração no momento em que esta atingiu a temperatura estipulada para início do processo, conforme citado anteriormente.

3.4.2 Obtenção e padronização dos graus de torração

Cada café originado dos diferentes tipos de pré-processamento foram submetidos a três graus de torração com tonalidades finais diferentes, clara, média e escura. A determinação destes graus de torração foi feita por meio de três métodos:

a) Pela diferença entre o peso inicial e o final (Illy & Viani, 1995).

b) Pela determinação instrumental da cor utilizando-se um colorímetro Minolta modelo CR-300 que efetua a leitura no sistema L^*a^*b . Utilizou-se a seguinte equação 1:

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

c) Pela determinação instrumental da cor em aparelho da marca Neuhaus modelo Color Test, o qual realiza a leitura através de luz monocromática que é refletida a partir de um sistema semiconductor. A leitura é obtida após a incidência do feixe de luz sobre a amostra que é refletida e recebida por um sistema de foto recepção o qual calcula o valor médio dos vários pontos de reflexão (Neuhaus Neotec, 2007).

O torrador foi regulado de três formas diferentes para a obtenção de cada grau de torração, ou seja, foram aplicadas três curvas de torração diferentes. A taxa de aquecimento para cada curva, foi calculada utilizando-se a Equação 2, onde a taxa de aquecimento (TA) é expressa em °C/min. Os resultados da taxa de transferência de temperatura, para cada curva de torração estão apresentados na Tabela 3.

$$TA = \Delta\text{Temperatura} / \Delta\text{Tempo} \quad (2)$$

Onde:

TA = taxa de aquecimento.

$\Delta\text{Temperatura}$ = variação de temperatura.

ΔTempo = variação do tempo.

TABELA 3 Taxa de variação de temperatura com o tempo, em função das curvas de torração e das diferentes tonalidade de cor e tipos de processamento.

Tipo de Torração	Taxa de aquecimento (termopar °C)	Taxa de aquecimento (laser °C)
TPCL	5,5	8,2
TPCM	7,6	9,2
TPCR	9,7	15,2
TPML	6,0	8,8
TPMM	8,2	11,8
TPMR	10,7	18,3
TPEL	5,6	8,7
TPEM	9,3	13,2
TPER	11,9	20,5
TCDCCL	5,6	7,7
TCDCM	7,46	10,78
TCDCR	12,0	18,55
TCDML	6,24	9,0
TCDMM	8,43	12,52
TCDMR	13,37	20,3
TCDEL	6,88	9,45
TCDEM	8,55	13,45
TCDER	13,37	21,57

1) Curva de torração lenta: utilizou-se uma baixa transferência de calor para os grãos, ocasionando um lento aumento na temperatura o que proporcionou a obtenção de um longo tempo de torração.

2) Curva de torração média: utilizou-se uma transferência de calor média, ocasionando um aquecimento médio, em um tempo de torração médio.

3) Curva de torração rápida: utilizou-se uma alta transferência de calor o que promoveu uma alta elevação da temperatura em curto tempo de torração.

O tempo de torração para a obtenção de todas as curvas foi monitorado com cronômetro digital. A regulação para obtenção das diferentes taxas de

transferência de calor foi realizada manualmente, por controle da chama de aquecimento da câmara de torração por tratar-se de um torrador a gás. As três curvas foram executadas para os cafés oriundos dos dois tipos de pré-processamento, o café natural passa e o café cereja descascado. O ponto final de torração foi identificado pela coloração das amostras. A seguir, o café torrado foi vertido para o compartimento de resfriamento a ar do torrador, até temperatura de aproximadamente 25°C, conforme Figura 9.



FIGURA 9 Câmara de resfriamento.

Estes métodos foram aplicados com o intuito de se identificar qual o grau e a curva de torração mais indicados para se obter nos cafés avaliados o máximo potencial qualitativo em relação aos atributos físicos e sensoriais, que são os quesitos mais importantes para a comercialização.

3.5 Análises no café torrado

3.5.1 Determinação do grau de torração pela perda de peso

Após o resfriamento, as amostras foram cuidadosamente retiradas da câmara de resfriamento em um recipiente com peso conhecido para, posteriormente, serem pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01g, com o intuito de verificar a perda de peso durante o processo de torração (SCAA, 2004; Clarke, 1987). A perda de peso foi calculada pela subtração entre o peso inicial dos grãos crus e o peso dos grãos torrados após o resfriamento.

3.5.2 Determinação da densidade aparente

Conforme descrito no item 3.3.2.

3.5.3 Teor de Umidade

Conforme descrito no item 3.3.1.

3.5.4 Análise das dimensões dos grãos torrados

Conforme descrito no item 3.3.4.

3.5.5 Análise Sensorial

A análise sensorial foi feita seguindo o protocolo da SCAA (2007) por dois provadores treinados nessa metodologia.

Todas as amostras torradas foram submetidas a um período de repouso de aproximadamente 12 h que antecedeu a realização da análise sensorial. Foram pesadas em balança analítica com precisão 0,001g, 8,5g de café para cada xícara. Foram preparadas 5 xícaras para cada tipo de amostra, proveniente dos tratamentos aplicados. As xícaras contendo, os cafés moídos em granulométrica grossa, foram tampadas até o momento da realização da análise sensorial. O

tempo decorrido entre a moagem e o início da análise sensorial não ultrapassou 15 minutos.

A primeira etapa da análise constituiu na avaliação do atributo fragrância/aroma, sendo o primeiro avaliado com o pó de café ainda seco e o segundo após três minutos da adição da água no momento da quebra da crosta formada na superfície da infusão. Os provadores atribuíram notas de 0 a 10 de acordo com seus critérios de avaliação. Foi utilizada água mineral à temperatura de 90oC.

Na segunda etapa, foi realizada a avaliação dos atributos sabor, acidez, sabor residual, corpo e balanço. Cada atributo recebeu notas de 0 a 10. O início dessa etapa ocorreu com a temperatura da solução entre 45°C a 50°C, verificada com termômetro a laser.

Na terceira etapa, foram avaliados os atributos doçura, xícara limpa, uniformidade e impressão geral. Para os três primeiros quesitos, a avaliação foi feita de forma individual em cada xícara, que recebe dois pontos se a avaliação for positiva e pontuação zero, se a avaliação for negativa. O resultado final desses atributos foi computado com a somatória das notas atribuídas às 5 xícaras; ao atributo impressão geral, foram atribuídas notas de 0 a 10.

Na quarta e última etapa, foi realizada a pontuação final pela somatória de todos os atributos.

3.6 Delineamento experimental e análise estatística

Para realização das curvas de torração e das análises físicas o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x3x3, constituídos dos fatores tipos de cafês (cereja descascado e passa), graus de torração (clara, média e escura) e formas de torração (lenta, média e rápida). Para as análises sensoriais o experimento foi montado em DBC (delineamento em blocos completos), sendo

constituído de dois blocos onde cada provador treinado representou um bloco. Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do software Sisvar 4.0 (Ferreira, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta sessão apresenta os resultados obtidos nas análises do teor de umidade, densidade aparente, dimensões X, Y e Z para os cafés crus e torrados oriundos dos diferentes tratamentos. Também estão descritos os resultados das variáveis tonalidade de cor, perda de peso, perda de matéria seca, aumento dimensional e análise sensorial descritiva. Apresenta, também, a representação gráfica das diferentes curvas de torração, utilizadas para obtenção das três tonalidades de torração clara, média e escura, bem como a discussão dos resultados obtidos.

4.1 Café cru

4.1.1 Densidade aparente do café cru

Os resultados da densidade aparente das duas matérias primas utilizadas estão mostrados na Tabela 4. Como os grãos foram de mesma origem e selecionados em peneiras 16/17/18, a ausência de diferenças significativas é um fato esperado.

TABELA 4 Valores médios da densidade aparente em função dos diferentes processamentos.

Tipo de Processamento	Densidade aparente (kg/m³)*
Natural Passa 16/17/18	657,89 a
Cereja descascado 16/17/18	657,89 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A execução desta análise possibilita a comparação com a densidade aparente dos cafés torrados obtidos nas diferentes curvas. Para os cafés torrados esta variável é de grande importância por influenciar diretamente a qualidade do processo de empacotamento, tanto dos grãos torrados, quanto do café torrado e

moído, pois grãos de café torrado que apresentam menor densidade, geram um maior número de partículas no momento da moagem. Tal fator pode dificultar a etapa de empacotamento, se as embalagens não estiverem devidamente dimensionadas ou se a empresa não possuir sistemas de adensamento.

4.1.2 Dimensões dos grãos nos eixos XYZ

Os resultados das medidas feitas nos grãos crus nos eixos XYZ encontram-se na Tabela 5. A comparação entre os cafés bóia e cereja descascado evidencia que houve diferença nos valores para as medidas nas direções X e Y, o que não ocorreu em relação à direção Z. A diferença apresentada entre os dois tipos de grãos utilizados pode ser justificada pelo fato que os grãos passa permanecem um tempo mais longo na planta iniciando assim um estágio de senescência o que acarreta uma possível alteração em suas dimensões.

Os resultados obtidos neste teste foram importantes para realizar a comparação com os resultados do mesmo teste feito nos grãos torrados obtidos das diferentes curvas de torração.

TABELA 5 Valores médios das dimensões dos grãos crus em função dos dos diferentes tipos de processamento.

Tipo de Processamento	Dimensões (mm)		
	X	Y	Z*
Natural Passa 16/17/18	9,30 a	6,80 a	3,70 a
Cereja Descascado 16/17/18	9,47 b	6,87 b	3,71 a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A comparação entre os resultados do cálculo feito para obter as diferenças percentuais entre as dimensões X, Y e Z para os grãos passa e cereja descascado e o teor de umidade podem explicar a igualdade entre os resultados da variável densidade aparente. O cálculo da média ponderada dos resultados apresentados na Tabela 5 é igual a 1,03% número próximo da diferença que é 1,0 (% b.u), entre o teor de umidade apresentado na Tabela 6 para os dois tipos de grãos utilizados. Os resultados apresentados demonstram uma relação direta entre a dimensão dos grãos e o teor de umidade quando equacionados para a obtenção da densidade aparente.

Os cálculos da diferença percentual entre as dimensões X, Y e Z foram feitos conforme a Equação 3 descrita abaixo, e os resultados estão apresentados na Tabela 6. EQUAÇÃO 3.

$$\text{diferença\% (x, y e z)} = \frac{[(x, y e z)\text{passa} - (x, y e z) \text{ cereja descascado}] \times 100}{(x, y e z) \text{ passa}} \quad (3)$$

TABELA 6 Diferença % entre as dimensões x, y e z

Diferença entre as dimensões x, y e z (%)*		
X	Y	Z
1,82	1,02	0,27

* Resultados da diferença percentual entre as dimensões x, y e z, obtidos através dos cálculos feitos conforme fórmula 2.

4.1.3 Teor de umidade

Os valores obtidos para o teor de umidade dos grãos de café das diferentes formas de processamento encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7 Valores médios do teor de água em grãos de café de diferente tipos de processamento.

Tipo de processamento	Teor de água (% b.u)*
Natural Passa 16/17/18	11,00 a
Cereja Descascado 16/17/18	10,00 b

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no teste de Tukey.

4.2 Curvas de torração

Nas figuras 10 a 15, são representadas as curvas de torração para os tipos de cafés (cereja descascado e passa) em função do grau de torração (clara, média e escura) e tempo de torração (lento, médio e rápido).

Em decorrência do equilíbrio térmico ocorrido no primeiro minuto do processo de torração, sucedeu-se um declínio inicial nas temperaturas medidas pelo termopar e também no termômetro a laser em todos os tratamentos

A medida da temperatura inicial na câmara de torração antes da introdução das amostras, como relatado na metodologia, foi realizada com o uso de termopar e termômetro a laser. As temperaturas medidas pelo termopar, foram menores quando comparadas às temperaturas medidas feitas pelo termômetro a laser. Essa diferença pode ser explicada pelo posicionamento da haste do termopar, que estava instalada próxima à abertura da câmara de torração e entre o fluxo de entrada e saída de ar, e pelas diferentes formas de leitura. Com a câmara de torração ainda vazia, a transferência de calor ocorreu por convecção, enquanto o termômetro a laser registrou a temperatura por contato direto com a parede da câmara de torração.

Nas leituras realizadas durante o processo de torração, podemos observar que a diferença entre elas foi mantida. A transferência de calor para o termopar foi feita por condução em razão do contato direto com os grãos de café

e, por convecção, decorrente do seu posicionamento entre o fluxo de entrada e saída de ar, enquanto a leitura do termômetro a laser foi obtida por contato direto com os grãos de café.

4.2.1 Torração lenta nos cafés passa para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.

Na Figura 10, estão representadas as curvas de torração lenta referentes ao café passa. No início, houve um aumento gradativo e lento da temperatura em todas as curvas, tornando-se levemente mais acentuado nos minutos finais do processo de torração, quando ocorrem as reações exotérmicas. Durante os ensaios realizados para a obtenção da tonalidade de cor escura com a regulagem lenta, houve a necessidade de se estender o tempo médio das curvas de torração devido à diferença entre as temperaturas finais de torração.

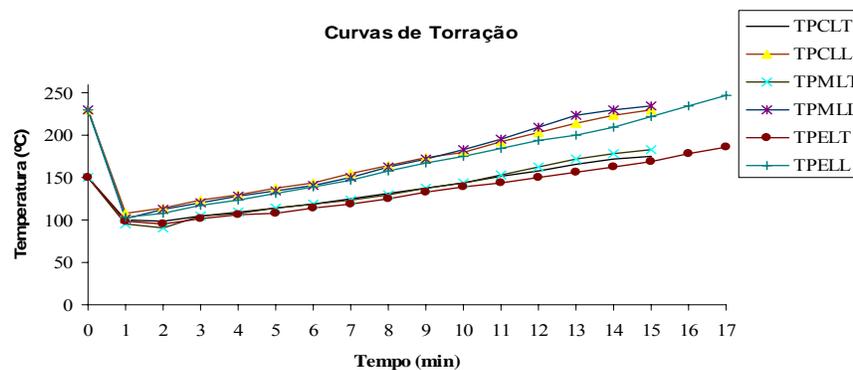


FIGURA 10 Curvas de torração lenta aplicadas no café passa, para obter as três diferentes tonalidades de cor, clara, média e escura. Representadas pelas seguintes siglas TPCLT (torração passa clara lenta termopar), TPCLL (torração passa clara lenta laser), TPMLT (torração passa média lenta termopar), TPMLL (torração passa média lenta laser), TPELT (torração passa escura lenta termopar), TPELL (torração passa escura lenta laser).

4.2.2 Aplicação da torração média nos cafés passa para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.

Na Figura 11, estão representadas as curvas de torração média aplicadas no café passa, com a finalidade de se obter as três diferentes tonalidades de cor final. Os tempos médios das curvas foram os mesmos, diferindo das curvas lentas, que necessitaram de maior tempo médio para obtenção da cor escura. A manutenção dos tempos médios de torração pode ter ocorrido em consequência da liberação de energia decorrente das reações exotérmicas durante a realização das torrações, ter sido mais intensa, o que pode ser observado com a maior inclinação no período final do processo de torração.

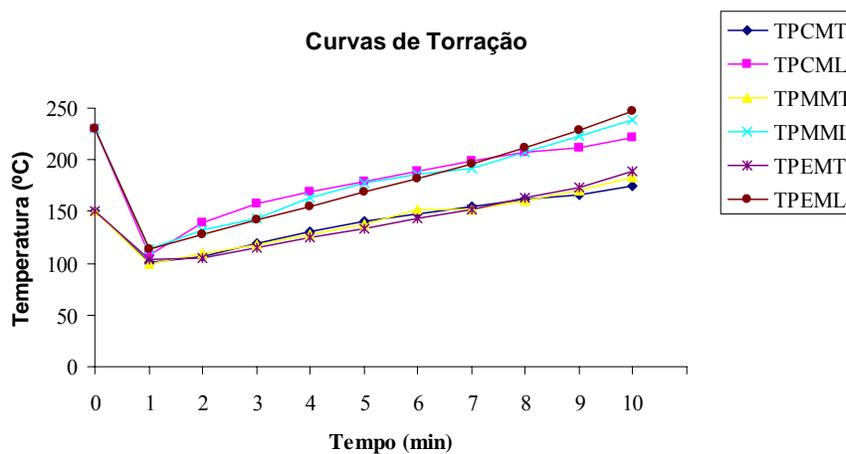


FIGURA 11 Curvas de torração média aplicadas no o café passa, para obtenção das tonalidades de cor clara, média e escura, representadas pelas seguintes siglas: TPCMT (torração passa clara média termopar), TPCML (torração passa clara média laser), TPMMT (torração passa média média termopar), TPMML (torração passa média média laser), TPEMT (torração passa escura média termopar), TPEM (torração passa escura média laser).

4.2.3 Aplicação da torração rápida nos cafés passa para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.

Na Figura 12, estão representadas as curvas de torração referentes à regulagem rápida para o café passa nas diferentes tonalidades de cor final. Pode-se observar, na Figura 12, que em todas as torrações realizadas com a curva de torração rápida, o aumento da temperatura foi constante e rápido, o que fez com que a curva tornasse quase uma reta, impossibilitando a identificação do possível momento em que houve o início das reações exotérmicas.

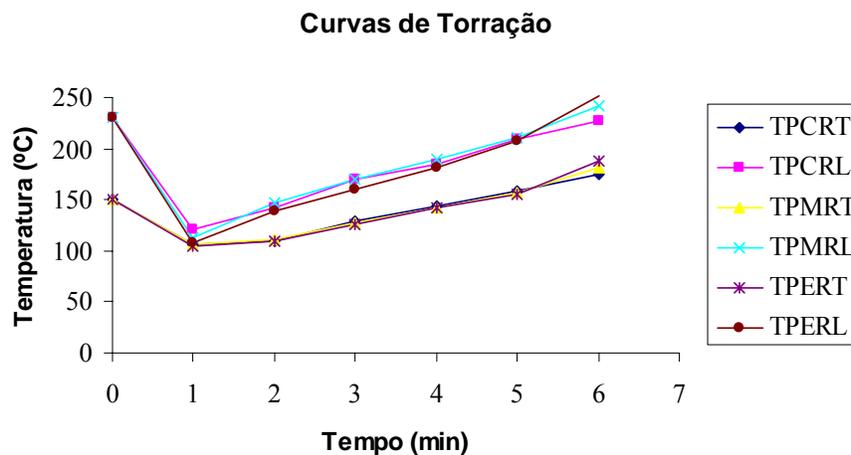


FIGURA 12 Curvas de torração rápida aplicada no o café passa, para obtenção das três tonalidades de cor clara, média e escura. Representadas pelas seguintes siglas TPCRT (torração Passa clara rápida termopar), TPCRL (torração passa clara rápida laser), TPMRT (torração passa média rápida termopar), TPMRL (torração passa média rápida laser), TPERT (torração passa escura rápida termopar), TPERL (torração passa escura rápida laser).

4.2.4 Aplicação da torração lenta nos cafés cereja descascado para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.

Na Figura 13, estão representadas as curvas de torração lenta aplicadas no café cereja descascado para obtenção das três tonalidades de cor final. Pode-

se observar um aumento mais acentuado de temperatura nos quatro últimos intervalos de medição, o que corresponde aos quatro minutos finais do processo de torração, o que demonstra que houve liberação de energia proveniente das reações exotérmicas ocorridas nos grãos de café neste período.

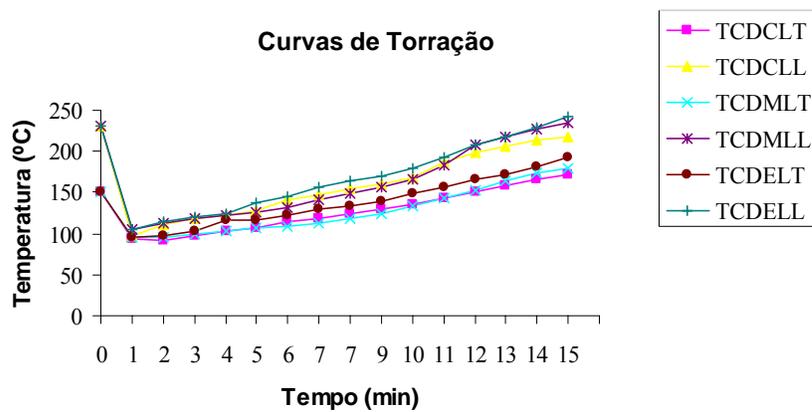


FIGURA 13 Curvas de torra lenta aplicadas no café cereja descascado, para das três tonalidades de cor. Representadas pelas seguintes siglas, TCDCLT (torração cereja descascado clara lenta termopar), TCDCLL (torração cereja descascado clara lenta laser), TCDMLT (torração cereja descascado média lenta termopar, TCDMLL (torração cereja descascado média lenta laser), TCDELTA (torração cereja descascado escura lenta termopar), TCDELL (torração cereja descascado escura lenta laser).

4.2.5 Aplicação da torração média nos cafés cereja descascado para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.

Na Figura 14, estão representadas as curvas de torração média aplicadas no café cereja descascado para obtenção das três diferentes tonalidades de cor final. A representação gráfica das curvas de torração média aplicadas no café cereja descascado não permite identificar com clareza o momento exato do

início das reações exotérmicas, em razão da leve alteração ocorrida em sua inclinação durante todos os intervalos.

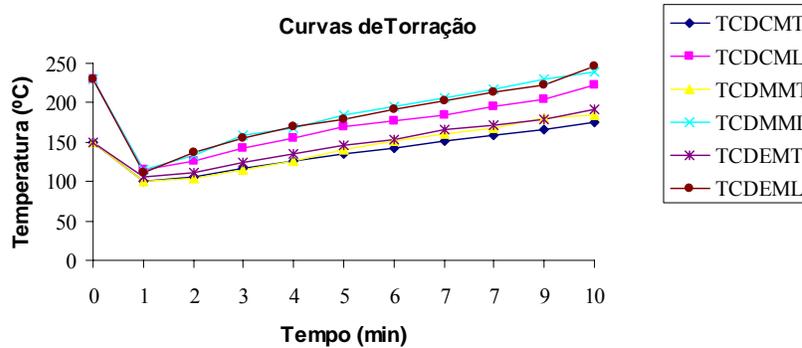


FIGURA 14 Curvas de torra média aplicadas no café cereja descascado, para obtenção das três tonalidades de cor. Representadas pelas seguintes siglas, TCDCMT (torração cereja descascado clara média termopar), TCDCML (torração cereja descascado clara média laser) TCDMMT (torração cereja descascado média média laser), TCDEMT (torração cereja descascado escura média termopar) TCDEML (torração cereja descascado escura média laser).

4.2.6 Aplicação da torração rápida nos cafés cereja descascado para obtenção de grãos nas tonalidades clara, média e escura.

Na Figura 15, estão representadas as curvas de torração rápida aplicadas no café cereja descascado para obtenção das três tonalidades de cor clara, média e escura.

Em razão da rápida transferência ocorrida durante o processo de torração, no qual foi aplicada a curva de torração rápida, não é possível evidenciar, através da representação gráfica, o momento preciso em que há liberação de energia dos grãos de café em decorrência das reações exotérmicas,

em virtude da linearidade apresentada na elevação da temperatura durante as diferentes etapas do processo de torração.

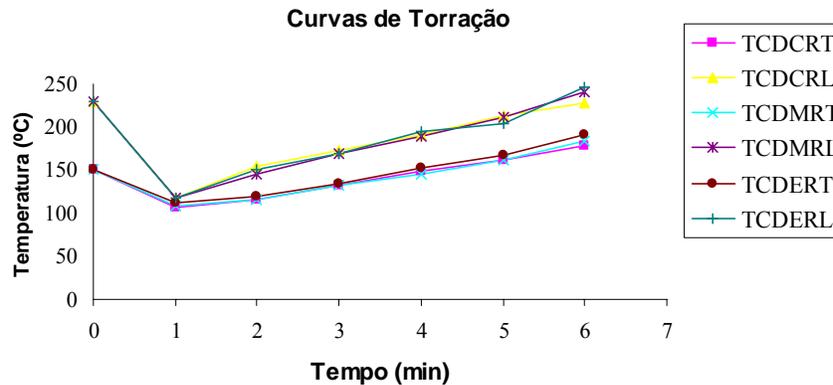


FIGURA 15 Curvas de torração rápida aplicadas no café cereja descascado, para obtenção das três tonalidade de cor clara, média e escura. Representadas pelas seguintes siglas, TDCDRT (torração Cereja descascado clara rápida termopar), TDCDRL (torração cereja descascado clara rápida laser), TCDMRT (torração cereja descascado média rápida termopar), TCDMRL (torração cereja descascado média rápida laser), TCDERT (torração cereja descascado escura rápida termopar), TCDERL (torração cereja descascado escura rápida laser.)

4.3 Café Torrado

4.3.1 Tonalidades de cor

No critério adotado para obtenção das cores, foi considerada como tolerável uma diferença de mais ou menos dois pontos na escala do equipamento Nehaus Neotec modelo Colortest I. Esse é o mesmo critério de aceitação adotado pela indústria Café Bom Dia Ltda. para especificação das cores dos

cafés torrados. A tabela 6 traz os resultados obtidos nas leituras realizadas no equipamento Colortest I e no equipamento CR-300 e da perda de peso.

Os resultados descritos na Tabela 8 demonstram que não houve diferença significativa nas cores mensuradas no equipamento Colortest I.

TABELA 8 Valores médios das variáveis perda peso e tonalidade de cor medidos em dois sistemas diferentes e em relação as curvas de torração e processamento.

Torra	Colortest I*	L*a*b*	Perda de Peso (%)*
TPCL	109 a	36,64 a	13,57 a
TPCM	109 a	37,21 a	13,70 a
TPCR	109 a	37,65 a	13,71 a
TPML	77 a	26,49 a	14,50 a
TPMM	77 a	27,18 a	15,02 a
TPMR	77 a	25,91 a	15,13 a
TPEL	54 a	20,93 a	17,20 a
TPEM	54 a	20,45 a	17,87 ab
TPER	54 a	20,22 a	18,07 b
TCDCCL	109 a	38,03 a	13,48 a
TCDCM	109 a	39,54 a	13,38 a
TCDCR	109 a	38,89 a	13,36 a
TCDML	80 a	31,44 a	14,83 ab
TCDMM	80 a	30,29 a	15,25 b
TCDMR	80 a	30,29 a	14,25 a
TCDEL	55 a	20,30 a	17,30 b
TCDEM	55 a	20,69 a	16,51 a
TCDER	55 a	21,01 a	16,57 ab

*Média seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3.2 Perda de peso real e perda de matéria seca.

Os resultados da perda de matéria seca que é a diferença entre a perda de peso total e o teor de água inicial dos grãos crus encontram-se na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios da variável perda de matéria seca para os diferentes graus de torração, curvas de torração e tipos de processamento.

Torração	Perda de Matéria seca (%)
TPCL	2,57 a
TPCM	2,70 a
TPCR	2,71 a
TPML	3,50 a
TPMM	4,02 a
TPMR	4,13 a
TPEL	6,20 a
TPEM	6,87 a
TPER	7,07 a
TCDCCL	3,48 a
TCDCM	3,38 a
TCDCR	3,36 a
TCDML	4,83 ab
TCDMM	5,20 b
TCDMR	4,25 a
TCDEL	5,30 a
TCDEM	5,50 a
TCDER	5,57 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no teste de Tukey.

Sivetz (2006) relata que, para a torração clara, média e escura, os percentuais de perda de peso são de 13%, 15% e 17%, respectivamente. Os resultados obtidos nesse estudo são coerentes com os percentuais mencionados pelo autor acima citado. Um fator importante que deve ser considerado é que nos resultados apresentados na literatura para perda de peso total, não há referência ao índice de umidade inicial dos grãos crus utilizados. Illy & Viani (1995) e Clarke (1987) constataram, em seus trabalhos, que o percentual aproximado de perda de matéria seca para a torração clara é de 1% a 5%, para torração média 5% a 8% e para torração escura 8% a 12%, valores que estão bem próximos dos encontrados nessa pesquisa.

4.3.3 Teor de água final

Os resultados obtidos para a variável teor de água final, não diferiram entre todos os tratamentos. Os valores variaram entre 0,82% e 1,10% b.u.

4.3.4 Dimensão dos grãos torrados

Os resultados apresentados na Tabela 10 foram obtidos dos grãos torrados, provenientes das diferentes curvas aplicadas para obtenção dos pontos de torração claro, médio e escuro nos cafés passa e cereja descascado. Houve diferença significativa entre as médias obtidas para a dimensão X na torração TPER e nas torrações do café cereja descascado na tonalidade média.

Tabela 10 Valores médios das dimensões dos grãos torrados em função das diferentes tonalidades, curvas de torração e tipos de processamento.

Tipo de Torra	Dimensões (mm)		
	X*	Y*	Z*
TPCL	10,97 a	8,30 a	4,81 a
TPCM	10,86 a	8,28 a	4,94 a
TPCR	11,17 a	8,43 a	4,92 a
TPML	11,15 a	8,35 a	4,88 a
TPMM	11,11 a	8,07 b	4,70 a
TPMR	11,17 a	8,17 b	4,83 a
TPEL	11,00 a	8,00 a	4,81 a
TPEM	11,60 b	8,29 a	4,94 a
TPER	11,19 ab	8,17 a	4,77 a
TCDCCL	10,70 a	8,02 a	4,78 a
TCDCM	10,70 a	7,89 a	4,68 a
TPCDRC	10,29 a	7,93 a	4,57 a
TPCDML	10,79 ab	8,05 a	4,67 a
TCDCMM	11,36 a	8,14 a	4,75 a
TCDCMR	10,69 ab	7,94 a	4,66 a
TCDEL	11,08 a	8,09 a	4,79 a
TCDEM	11,04 a	8,09 a	4,72 a
TCDER	11,39 a	8,01 a	4,68 a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.3.5 Aumento dimensional proporcional

Os resultados apresentados na Tabela 11 demonstram o percentual da expansão volumétrica ocorrida nas dimensões X, Y e Z nos grãos crus submetidos às diferentes curvas de torração, para obter as diferentes tonalidades de cor clara, média e escura.

Observa-se que não houve diferença entre os tratamentos, o que comprova a afirmação acima de que a transferência de calor em todos os tratamentos ocorreu de forma uniforme. Observa-se que o aumento nas dimensões X e Y estão próximos e que o aumento na dimensão Z foi maior, tal resultado pode ser explicado em razão do formado achatado apresentado pelos grãos crus provenientes da espécie *Coffea arabica* L., isso faz com que eles apresentem menor resistência na dimensão Z, o que propicia uma maior expansão durante o processo de torração (Jansen, 2006).

4.3.6 Densidade final aparente

Na Tabela 12, estão os resultados da perda densimétrica. Os maiores valores dessa perda indicam maior expansão volumétrica dos grãos.

Os resultados da densidade aparente final demonstram que houve diferença significativa em todos os tratamentos, sendo que os tratamentos para obtenção da tonalidade escura foram os que apresentaram maior diferença entre si. Illy & Viani (1995) comentam que, em torrações escuras, há uma maior liberação de água, dióxido de carbono e outros gases, em razão da queima excessiva de matéria seca e que, nas curvas de torração rápida, a liberação desses componentes ocorre de forma simultânea, o que faz com que a pressão interna nos grãos aumente de forma significativa. Tais afirmações foram comprovadas nas torrações TPER e TCDER.

Tabela 11 Valores médios das dimensões dos grãos torrados em função das diferentes tonalidades de torra, curvas de torração e tipos de de processamento.

Tipo de Torra	Expansão dimensional %		
	X*	Y*	Z*
TPCL	18,70 a	22,15 a	30,98 a
TPCM	17,61 a	21,96 a	30,27 a
TPCR	20,82 a	24,03 a	33,75 a
TPML	20,66 a	23,02 a	32,78 a
TPMM	20,71 a	19,10 a	28,11 a
TPMR	21,09 a	20,32 a	31,36 a
TPEL	18,44 a	17,86 a	30,83 a
TPEM	25,72 a	22,09 a	34,52 a
TPER	21,12 a	20,32 a	29,71 a
TCDCCL	15,57 a	17,12 a	29,35 a
TCDCM	14,60 a	16,21a	26,78 a
TPCDCR	13,79 a	15,98 a	24,48 a
TPCDML	15,66 a	17,70 a	26,69 a
TCDMM	21,66 a	18,90 a	28,56 a
TCDMR	15,69 a	16,24 a	26,30 a
TCDEL	17,80 a	18,31 a	29,65 a
TCDEM	17,45 a	18,35 a	27,79 a
TCDER	20,84 a	16,99 a	26,54 a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nas torrações realizadas para obtenção da tonalidade escura, foi observado durante os experimentos que, na fase final, ou seja, durante a segunda seqüência de estouros audíveis, que os mesmos foram mais intensos e rápidos nas torrações TPER e TCDER. Visualizou-se, também, uma maior intensidade de liberação de fumaça pelo exaustor do torrador. Tais observações são indicativas das afirmações feitas por Illy & Viani (1995), porém é necessário um estudo mais detalhado dessas transformações, incluindo as medições de vapor de água e dióxido de carbono liberados durante o processo de torração, para a comprovação efetiva desses fenômenos.

TABELA 12 Valores médios da variável perda dessimétrica em função das diferentes tonalidades de cor, curvas de torração e processamento.

Torração	Perda de Densidade (%)*
TPCL	47,22 a
TPCM	47,22 a
TPCR	50,00 b
TPML	51,28 a
TPMM	51,28 a
TPMR	52,50 b
TPEL	53,66 a
TPEM	55,03 b
TPER	57,06 c
TCDCCL	46,48 a
TCDCM	46,48 a
TCDCR	48,65 b
TCDML	47,22 a
TCDMM	47,95 b
TCDMR	50,01 c
TCDEL	53,38 a
TCDEM	54,76 b
TCDER	55,83 c

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nas torrações realizadas para obtenção da tonalidade escura, foi observado durante os experimentos que, na fase final, ou seja, durante a segunda seqüência de estouros audíveis, que os mesmos foram mais intensos e rápidos nas torrações TPER e TCDER. Visualizou-se, também, uma maior intensidade de liberação de fumaça pelo exaustor do torrador. Tais observações são indicativas das afirmações feitas por Illy & Viani (1995), porém é necessário um estudo mais detalhado dessas transformações, incluindo as medições de vapor de água e dióxido de carbono liberados durante o processo de torração, para a comprovação efetiva desses fenômenos.

4.3.7 Análise sensorial

Nas Tabelas 13 e 14, estão descritos os resultados da análise sensorial feita nos cafês provenientes das diferentes tonalidades de cor, curvas de torração e processamento.

Os atributos uniformidade, xícara limpa e doçura são atributos objetivos de acordo com o protocolo adotado pela SCAA (2007); para a avaliação desses atributos, cada xícara recebe um valor de 2 pontos.

Os resultados apresentados na Tabela 13, demonstraram que os diferentes tratamentos aos quais os cafês foram submetidos, não afetaram os atributos objetivos, uniformidade, xícara limpa e doçura. Conclui-se, assim, que a pontuação dos atributos objetivos feita em grãos de café oriundos de um processamento adequado, em que todos os cuidados para obtenção da qualidade final do produto foram observados e que apresentem um baixo percentual de defeitos, não sofre interferência das três tonalidades de cor e das diferentes curvas de torra que lhes foram aplicadas nesse estudo.

Houve diferença significativa para os atributos fragrância e aroma em alguns tratamentos. A torração TPEL apresentou menor pontuação nesses quesitos, o que comprova os relatos de alguns autores (SCAA, 2004; Illy & Viani, 1995), pois para eles, os cafês submetidos à torração lenta apresentam fragrância com baixa intensidade e, em alguns casos, com notas de cereais tostados. Os comentários dos provadores para a TPEL são que ela apresentou leve fragrância com notas que lembram tabaco queimado e cereais tostados; já as torrações TPPEM e TPPER proporcionaram fragrância intensa e prazerosa com notas de chocolate amargo.

As análises realizadas nos grãos de café cereja descascado apresentaram maior diferença significativa entre os tratamentos para o atributo fragrância e aroma. Na tonalidade de cor clara, a torração TCDCL apresentou menor média, com os seguintes comentários dos provadores: fragrância fraca, simples, com

notas de cereais torrados; as torrações TCDCM e TCDCR obtiveram maior valor médio e os comentários foram os seguintes: TCDCM fragrância intensa com notas de chocolate ao leite e manteiga; TCDCR fragrância intensa com notas de chocolate ao leite e frutas cítricas. O que comprova as afirmações da SCAA (2004) e Illy & Viani (1995).

TABELA 13 Valores médios dos atributos sensoriais, fragrância aroma uniformidade, xícara limpa, doçura e sabor em função das diferentes tonalidades e curvas de torração e processamento.

Torra	Fragrância /Aroma	Uniformidade	Xícara Limpa	Doçura	Sabor
TPCL	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,75 a
TPCM	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,00 b
TPCR	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,75 a
TPML	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,00 b
TPMM	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,75 a
TPMR	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,75 a
TPEL	6,75 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,50 a
TPEM	7,00 b	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,75 b
TPER	7,00 b	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,50 a
TCDCM	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,00 a
TCDCR	7,50 b	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,25 b
TCDCR	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,00 a
TCDML	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,25 a
TCDMM	7,25 b	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,50 b
TCDMR	7,50 c	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,50 b
TCDEL	7,00 a	10,00 a	10,00 a	10,00 a	6,75 a
TCDEM	7,50 b	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,00 b
TCDER	7,50 b	10,00 a	10,00 a	10,00 a	7,00 b

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para os tratamentos que obtiveram tonalidade de cor média, houve diferença significativa entre as três curvas de torração, sendo que a torração TCDML apresentou menor média com os seguintes comentários dos provadores:

fragrância fraca, com notas de fumaça lembrando alimentos defumados e notas de cereais tostados; a torração TCDMM obteve a segunda melhor média e recebeu os dizeres: fragrância delicada e marcante, com notas de frutas cítricas e avelã; para torração TCDMR, que apresentou maior média para os grãos cereja descascado torrados na tonalidade de cor média, os comentários foram: fragrância intensa, com notas de frutas cítricas, chocolate ao leite e caramelo.

TABELA 14 Valores médios para os atributos, acidez, corpo, sabor residual, balanço, impressão geral e nota final em função da diferentes tonalidades, curvas de torração e processamento.

Torra	Acidez	Corpo	SR	Balanço	IG	Nota*
TPCL	7,00 a	6,75 a	6,75 a	6,75 a	6,75 a	77,75 a
TPCM	7,25 b	7,00 b	6,75 a	7,00 b	6,75 b	78,75 c
TPCR	7,50 c	7,00 b	6,75 a	6,75 a	6,75 a	78,50 b
TPML	7,25 b	7,00 a	6,75 a	7,00 a	6,75 a	78,75 c
TPMM	7,50 c	7,00 a	6,75 a	6,75 b	6,75 a	78,50 b
TPMR	7,00 a	6,75 b	6,75 a	6,75 b	6,75 a	77,75 a
TPEL	7,00 a	6,75 a	6,75 a	6,50 a	6,50 a	76,75 a
TPEM	7,25 b	7,50 b	6,75 a	6,75 a	6,75 b	78,75 c
TPER	7,00 a	7,50 b	6,50 b	6,50 a	6,50 a	77,50 b
TCDCL	7,25 a	7,25 a	7,00 a	7,00 a	7,00 a	79,50 a
TCDCM	7,50 b	7,25 a	7,25 b	7,25 b	7,00 a	81,00 c
TCDCR	7,50 b	7,50 b	7,00 a	7,00 a	7,00 a	80,00 b
TCDML	6,75 a	6,75 a	6,75 a	6,75 a	7,00 a	78,25 a
TCDMM	7,50 b	7,25 b	7,50 c	7,25 b	7,25 b	81,50 b
TCDMR	7,50 b	7,50 c	7,25 b	7,25 b	7,25 b	81,75 c
TCDEL	6,50 a	7,00 a	6,50 a	6,50 a	6,50 a	76,75 a
TCDEM	7,00 b	7,25 b	7,00 c	7,00 b	7,00 b	79,75 b
TCDER	7,00 b	7,50 c	6,75 b	7,00 b	7,00 b	79,75 b

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos tratamentos que alcançaram tonalidade de cor escura, a torração TCDEL foi a que apresentou a menor média, recebendo os seguintes

comentários dos provadores: fragrância fraca, com notas predominantes de tabaco queimado e leve cereal tostado. Para as torrações TCDEM e TCDER, as médias conseguidas foram iguais, sendo que os comentários apresentam diferenças. Para a torração TCDEM: fragrância intensa e marcante, com notas de chocolate amargo e canela caramelizada com açúcar em roscas caseiras; para a torração TCDER: fragrância intensa, com notas de chocolate amargo. Os valores obtidos comprovam as afirmações feitas pela SCAA (2004) e Illy & Viani (1995), porém o complemento desse trabalho se faz necessário para avaliar, através de técnicas de cromatografia, os diferentes tipos de compostos químicos formados durante o processo de torração, que fazem com que as notas aromáticas percebidas pelos provadores se alterem.

Os valores médios encontrados para o atributo sabor apresentaram diferença relevante em os tratamentos. Para os grãos de café passa, submetidos à torração clara, os menores valores médios foram atribuídos às torrações TPCL e TPCR. Já a torração TPCM obteve a maior média, com os seguintes comentários feitos pelos provadores: sabor delicado e prazeroso, levemente ácido, com uma ótima combinação entre os gostos doce e ácido.

Para a tonalidade de cor média, as torrações TPMM e TPME obtiveram valor médio igual e a TPML apresentou a melhor média, com os seguintes comentários: sabor ácido e delicado, com notas cítricas marcantes.

Para as torrações com tonalidade de cor escura, foram encontrados os mesmos valores médios nas torrações TPEL e TPEM, com as observações: TPEL sabor leve adstringente, neutro, atípico para torração escura e para TPER sabor levemente queimado e adstringente. A TPEM exibiu melhor média para o atributo sabor e os comentários foram: sabor típico de cafés submetidos à torração escura, limpo, prazeroso, com notas de chocolate amargo. Os cafés oriundos do processo cereja descascado apresentaram diferença significativa em todos os tratamentos. Os torrados na tonalidade clara mostraram o mesmo valor

de média para as torrações TCDCL e TCDCR. A torração TCDCM obteve maior média com os seguintes comentários: sabor delicado marcante. Os grãos cereja descascados submetidos à torração média receberam o menor valor médio para o atributo sabor na torração TCDML, com as observações: sabor simples e rápido, com notas de cereais torrados. As torrações TCDMM e TCDMR alcançaram os mesmos valores médios com os seguintes comentários: sabor ácido e adocicado. Os grãos cereja descascado, que obtiveram a tonalidade de cor escura, demonstraram menor valor médio para o atributo sabor na torração TCDEL com os seguintes comentários: sabor queimado, acre e adstringente. As torrações TCDEM e TCDER obtiveram mesmo valor médio com os seguintes comentários: sabor achocolatado, com leve amargor característico de torra escura.

O atributo acidez é um dos mais importantes por ser marcante no café. Segundo SCAA (2004) e Illy & Viani (1995), a tonalidade clara acentua a percepção desse atributo, enquanto a curva de torração lenta faz com que a percepção dele diminua; ao contrário da curva rápida, a qual faz com que esse atributo possa ser percebido com maior intensidade. Tais afirmações puderam ser percebidas com maior clareza nos tratamentos feitos nos grãos cereja descascado.

Os grãos passa submetidos à torração clara apresentaram valores médios diferentes nas três curvas de torração, sendo que a TPCL foi a que apresentou menor valor, seguida pela TPCM, e o maior valor foi apresentado pela TPCR. Os grãos passa submetidos à tonalidade de cor média apresentaram resultado que contradiz as informações apresentadas na literatura, pois a menor nota de acidez foi apresentada na TPMR, que corresponde à curva de torração rápida; a pontuação dada para esse atributo não está relacionada apenas com a intensidade da acidez, mas também a sua qualidade. De acordo com os comentários dos provadores, a acidez apresentada na torração TPMR foi intensa, mas ao mesmo

tempo acre e agressiva, o que fez com que sua pontuação fosse penalizada, resultando, assim, em um valor médio menor. A TPMM foi a que apresentou maior valor médio, recebendo os seguintes comentários: acidez cítrica e delicada. Para a tonalidade de cor escura, o maior valor médio para o atributo acidez foi computado à torração TPPEM, com os seguintes comentários: acidez elevada, marcante e prazerosa para torração escura.

Para os grãos cereja descascado, os valores médios obtidos para o atributo acidez demonstram uma maior proximidade com a literatura; para a tonalidade de cor clara, o maior valor médio foi encontrado nas torrações TCDCM e TCDCR. Para a tonalidade média, os valores médios obtidos foram maiores nas torrações TCDMM e TCDMR. Os grãos cereja descascado submetidos à tonalidade de cor escura apresentaram maior valor médio para o atributo acidez nas torrações TCDEM e TCDER, com estas observações: acidez marcante e delicada para torração escura.

O atributo corpo é uma das características marcantes do café brasileiro, característica a qual faz com que varias indústrias torrefadoras em todo o mundo, o utilizem como base na composição de cafés destinados ao modo de preparo expresso. As médias encontradas para esse atributo apresentaram diferença significativa em todos os tratamentos, sendo que as torrações TPPEM e TPPER foram as que mostraram maiores valores médios para os grãos passa. Os grãos cereja descascado também ofereceram diferença considerável em todos os tratamentos, merecendo destaque as torrações TCDCR, TCDMR e TCDER que apresentaram o mesmo valor médio, fato ocorrido nas torrações TCDCM, TCDMM e TCDEM, porém com valor médio abaixo da primeira seqüência citada acima. A manutenção dos valores médios em todas as variações de tonalidade conduz à seguinte conclusão: a tonalidade de cor final não afetou diretamente o atributo corpo e sim as diferentes curvas de torração nos cafés submetidos à tonalidade de cor média e escura. A interação entre as variáveis

tonalidade de cor e curva de torração só pode ser observada nas torrações TCDCL, TCDML e TCDEL, as quais apresentaram as menores médias para os respectivos tratamentos.

O sabor residual é um importante atributo, por ser a sensação que fica na boca após o café ter sido ingerido, ou no caso da degustação, ser expelido; em muitos casos, é, a partir desse atributo, que os consumidores tomam a decisão se irão consumir mais uma xícara do mesmo café ou não.

Para este atributo, foi encontrada diferença significativa nos grãos passa na torração de coloração escura, sendo que a menor média foi atribuída à torração TPER, em razão da alta adstringência e amargor apresentados. A média das torrações TPEL e TPEM foram idênticas, sendo que os provadores fizeram os seguintes comentários: sabor residual leve, adstringente, com amargo prazeroso, tendendo ao chocolate amargo no final. Esses resultados comprovam as afirmações feitas pela SCAA (2004), que a curva de torração rápida faz com que a adstringência e o amargor aumentem. Illy & Viani 1995 atribuem esse aumento à quebra incompleta dos ácidos clorogênicos.

As notas de sabor residual atribuídas aos grãos cerejas descascado apresentaram diferença entre as médias em todos os tratamentos, sendo que na tonalidade clara, as torrações TCDCL e TPCDCR apresentaram a mesma média, recebendo os seguintes comentários dos provadores: sabor residual curto e adstringente. A TCDCM foi a que apresentou maior média para a tonalidade de cor clara, sabor residual médio, com leve adstringência que se tornou imperceptível no final. As torrações obtidas com a tonalidade de cor média para os grãos cereja descascado apresentaram valores médios diferentes nas três curvas de torração, sendo que a torração TCDCL foi a que apresentou a menor média. A torração TCDMR apresentou a segunda melhor média, com os seguintes dizeres: sabor residual médio com leve aspereza. A torração TCDCM mostrou a melhor média com os seguintes comentários: sabor residual médio

limpo, ácido e delicado. Esses resultados também comprovam as afirmações feitas pela SCAA (2004) e Illy & Viani (1995).

Para os cafés cereja descascado submetidos à torração de tonalidade escura, os valores médios apresentaram diferença significativa nas três curvas de torração, sendo que a TCDEM foi a que apresentou o maior valor médio com os seguintes comentários: sabor residual longo com notas de chocolate amargo, excelente para torração com tonalidade escura.

O atributo balanço tem por finalidade avaliar a harmonia entre todos os atributos. A literatura científica e técnica não descreve os efeitos dos graus de torração no atributo balanço, porém, quando se observa os efeitos em outros atributos, pode-se concluir que o balanço será afetado pela maior ou menor percepção dos outros atributos.

Os grãos passa submetidos ao grau de torração clara apresentaram maior valor médio para o atributo balanço na torração TPCM, o que indica que houve uma boa harmonia nos demais atributos avaliados dessa mesma torração. Os grãos submetidos à torração média apresentaram valores médios iguais para as torrações TPMM e TPME; o maior valor médio para o atributo balanço foi encontrado na TPML. Para o grau de torração escura, a melhor média foi atribuída para a torração TPEM.

Para os grãos cereja descascado, os valores médios encontrados para o atributo balanço apresentaram diferença significativa em todos os tratamentos, sendo que os grãos submetidos à curva de torração lenta, para obtenção das três diferentes tonalidades de cor (clara, média e escura), apresentaram os menores valores médios. O melhor valor médio foi dado aos grãos submetidos à curva de torração média para obtenção das três diferentes tonalidades de torração, seguido pelos grãos submetidos à curva de torração rápida.

A avaliação da impressão geral pode ser considerada como uma opinião pessoal de cada provador, por ser nesse quesito que ele deixa transparecer o

quanto gostou ou desgostou do café analisado. Em todos outros atributos, existem parâmetros que são passados durante os treinamentos realizados para credenciamento dos provadores, para que possam realizar a avaliação sensorial seguindo o protocolo da SCAA. Esses parâmetros são passados através de soluções ácidas, salgadas e doce e da combinação entre elas. Cafés que apresentem uma boa combinação na média dos demais atributos quase sempre recebem pontuações elevadas para o atributo impressão geral. Os grãos passa submetidos à tonalidade de cor final clara e média não apresentaram diferença significativa entre os valores médios encontrados para o atributo impressão geral, neles foi evidenciada diferença significativa nas torrações com tonalidade de cor escura. As torrações TPEL e TPER receberam a menor pontuação para esse atributo, enquanto a TPDM obteve o maior valor médio.

Para os grãos cerejas descascado, o maior valor médio para o atributo foi encontrado nas torrações TCDMM e TCDMR, ambas com tonalidade de cor média, e o menor valor médio foi atribuído a TCDEL. Se forem analisadas as notas concedidas nos outros atributos, pode-se observar a coerência entre elas e a impressão geral, o que demonstra que a boa interação entre os atributos contribui de forma positiva para a nota dada à impressão geral.

A nota final corresponde à soma aritmética de todos os atributos e, em muitos casos, se torna o valor mais importante. No presente trabalho, um dos objetivos propostos foi o de identificar, através da análise sensorial, qual a melhor curva de torração a ser aplicada nos cafés estudados, para que o produto possa apresentar todo o seu potencial sensorial nas diferentes tonalidades de cor avaliadas.

Os resultados apresentados na tabela 10 demonstram que para a tonalidade clara para o café passa que obteve o maior valor médio foi a TPLM; para o café cereja descascado na mesma tonalidade, a TCDCM, o que leva a concluir que para a tonalidade clara a melhor curva de torração é a média para

ambos os cafés. A tonalidade de cor clara utilizada nesse estudo está bem próxima à utilizada pelos provadores no Brasil para realização da prova de xícara empregada para classificar o café de acordo com a Classificação Oficial Brasileira (COB), porém, em nenhum momento dentro das normas que regulamentam esta avaliação, é citado o tempo médio de torração recomendável, ficando como sugestão desta pesquisa que um novo estudo possa ser conduzido para que possa ser determinado, com precisão, os parâmetros de tempo e temperaturas que devem ser adotados para o preparo de amostras que serão submetidas à prova COB. Na tonalidade média, as curvas que apresentaram maior nota final foram a TPML, que corresponde à curva de torração lenta para o café passa e a torração TCDMR, que corresponde à torração rápida para o café cereja descascado. Para a tonalidade de cor escura, as torrações que apresentaram maior valor médio para a soma foram TPEM para o café passa e as torrações TCDEM e TCDER para o café cereja descascado.

Os resultados apresentados demonstram a importância da análise sensorial descritiva para a correta avaliação do café. Essa ferramenta propiciou uma interpretação individual de cada atributo, o que em alguns casos pode facilitar a composição das mesclas utilizadas para cada tipo de café. A avaliação das curvas de torração mostrou que cafés obtidos de curvas de torrações diferentes com a mesma tonalidade de cor final, mesclados após o processo de torração, podem apresentar uma melhor harmonia entre os atributos avaliados.

5 CONCLUSÕES

A variável cor interferiu diretamente na perda de massa total e também na perda de matéria seca e expansão dimensional, porém não foi possível constatar a interação entre as variáveis tempo e cor final.

A interação tonalidade de cor final e curva de torração foi claramente evidenciada na perda percentual da densidade aparente final, sendo que os cafés submetidos à curva de torração rápida foram os que apresentaram maior perda percentual da densidade aparente.

Foi possível constatar, com clareza, a interação entre a tonalidade de cor final e as curvas de torração nos atributos sensoriais avaliados, sendo que no atributo fragrância/aroma essa diferença foi mais pronunciada nos cafés oriundos do processamento cereja descascado. Os atributos xícara limpa, uniformidade e doçura, por serem atributos que possuem pontuação objetiva, não apresentaram variação em todos os tratamentos, o que leva a concluir que a combinação entre tonalidade de cor e curva de torração não os afetam. Os efeitos da interação entre tonalidade de cor e curva de torração foram claramente evidenciados nos demais atributos avaliados em todos os tratamentos de ambos os cafés, passa e cereja descascado.

A necessidade de se padronizar o tempo de torração dos cafés que serão submetidos à prova de xícara para obtenção dos resultados pela Classificação Oficial Brasileira ficou evidente, pois os resultados constatados nas torrações com tonalidade de cor clara demonstraram nitidamente a interferência do fator tempo na pontuação individual de cada atributo e, consecutivamente, afetam na pontuação final dos cafés avaliados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, S. T.; DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. de T.; SCHOLZ, M. B. dos S. Metodologia para Análise Simultânea de Acido Nicotínico, Trigonelina, Ácido Clorogênico e Cafeína em Café Torrado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1164-1168, nov./dez. 2006
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. 684 p.
- BORÉM, F. M. **Pós Colheita do Café**. Lavras: UFLA, 2008.
- BORGES, M.L.A, et al. Perfis de trigonilina, ácido 5-cafeoilquínico e cafeína em cafés de diferentes qualidade durante a torração. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 8, 2004. Especial Café.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 11 junho de 2003. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 48, p. 4, 13 jun. 2003. Seção 1.
- CIRILO G. P. M. **Influência da adubação potássica e da torra nos teores de aminas bioativas em café**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CLARKE, R. J. Roasting, In: CLARKE, R.; MACRAE, R. (Ed.) **Coffee: technology**. London: Elsevier Applied Science, 1987.
- COFFEE CHEMISTRY. **Roasting**. Disponível em: <<http://coffeechemistry.com/index.php>>. Acesso em: 10 nov. 2007.
- COFFEE RESEARCH SCIENCE. **Coffee chemistry and acidity**. Disponível em: <<http://www.coffeeresearch.org/science/sourmain.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2007.
- EGGERS, R. Heat and mass transfer during roasting: new process developments. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA INTERNATIONAL ASSOCIATION ON COFFEE SCIENCE, 2002, Turin. **Proceeding...** Turin: Technische Universität Hamburg-Harburg, 2002.

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. **Programas e resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FISCHER, C.; CAMMEGA, H. K. Development of Physico-chemical Properties During Roasting. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA INTERNATIONAL ASSOCIATION ON COFFEE SCIENCE, 2002, Turin. **Proceeding...** Turin: Institute of Physical Chemistry, Technical University of Braunschweig, 2002.

FRANÇA, A. S. Evolução da Composição do Extrato Aquoso de Café Durante o Processo de Torrefação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 37-47, 2001. Especial.

GEIGER, R.; PERREN, R.; SCHENKER, S.; ESCHER, F. Mechanism of Volume Expansion in Coffee Beans During Roasting. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA INTERNATIONAL ASSOCIATION ON COFFEE SCIENCE, 2002, Turin. **Proceeding...** Zurich: Institute of Food Science, Swiss Federal Institute of Technology, 2002.

GOULART, P. F. P.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; FRIES, D. D.; MAGALHÃES, M. M.; MELO, H. C. Aspectos Hisquímicos e Morfológicos de Grãos de Café de Diferentes Qualidades. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 662-666, maio/jun. 2007.

ILLY, F.; ILLY R. **The Book of Coffee**. Milano: Arnoldo Mondadori, 1989.

ILLY, A.; VIANI R. (Ed.). **Espresso Coffee**. London: Academic, 1995.

JANSEN, G. A. **Coffee roast magic-art-science physical changes and chemical reactions**. Munich: Corporate media GmbH, 2006..

JANSEN, G. A.; LANGE, S. **Weight loss in coffee processing**. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA INTERNATIONAL ASSOCIATION ON COFFEE SCIENCE –ASIC. 2002, Turin. **Proceedings...** Emmerich: PROBAT-Werke, 2002.

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

NEUHAUS NEOTEC. **Colour Meter Colortest II**. <<http://www.neuhaus-neotec.de/index.php?hid=19&id=69>>. Acesso em: 15 set. 2007.

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 Fisiologia Pós-Colheita) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PERREN, R. Recent developments in coffee roasting technology. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA INTERNATIONAL ASSOCIATION ON COFFEE SCIENCE, 2002. Turin. **Proceeding...** Zurich: Institute of Food Science, Swiss Federal Institute of Technology, 2002.

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

PIMENTA, C. J. **Qualidade de Café**. Lavras: UFLA, 2003.

PROBAT- **Coffee Competence Compendium**. 2004.

PROBAT – WERKE von Gilborn Maschinenfabrik GmbH. **Roasting & plant technology coffee roasting**. Disponível em: <<http://www.probat.com/index.php?id=275&L=1>>. Acesso em: 25 out. 2007.

SCHENKER S. **Hot air roasting of coffee beans**. 2000. Dissertation (Doctor of Technical Sciences) - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich.

SCHENKER, S.; HANDSCHIN, S. ; FREY, B. ; PERREN, R. ; ESCHER, F. Pore structure of beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 3, p. 452-457, 2000.

SCHENKER S.; HEIMANN, C.; HUBER, M.; POMPIZZI, R.; ESCHER, F. Impact of roast conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 1, p. 60-66, Jan./Feb. 2002.

SIVETZ COFFEE. **Understanding roasting of coffee beans degree of roast vs intensity of aroma development**. Disponível em: < <http://www.sivetzcoffee.com/images/roastdegree1.jpg>. Acesso em: 01 fev. 2007.

SIVETZ, M.; FOOTE, H. E. **Coffee processing technology**. Westport: AVI. 1963. 2 v.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Cupping**. Disponível em: <http://www.scaa.org/whatis_cupping.asp>. Acesso em: 15 ago. 2007.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Roasting workishop. In: ANNUAL COFERENCE E EXHIBITION, 16., 2004, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: SCAA, 2004.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICAN. **Protocolo para análise sensorial de café metodologia SCAA**. São Paulo, 2007.

