

**PERFIL SENSORIAL E QUÍMICO DE
GENÓTIPOS DE CAFEIRO BOURBON DE
DIFERENTES ORIGENS GEOGRÁFICAS**

LUIA PEREIRA FIGUEIREDO

2010

LUIZA PEREIRA FIGUEIREDO

**PERFIL SENSORIAL E QUÍMICO DE GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO
BOURBON DE DIFERENTES ORIGENS GEOGRÁFICAS**

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

Orientador

Prof. Dr. Flávio Meira Borém

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

Figueiredo, Luisa Pereira.

Perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon de diferentes origens geográficas / Luisa Pereira Figueiredo. – Lavras : UFLA, 2010.

81 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Flávio Meira Borém.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Qualidade. 3. Cafés especiais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.07

LUISA PEREIRA FIGUEIREDO
PERFIL SENSORIAL E QUÍMICO DE GENÓTIPOS DE CAFEIEIRO
BOURBON DE DIFERENTES ORIGENS GEOGRÁFICAS

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

APROVADA em 25 de fevereiro de 2010

Pesquisador Dr. Gerson Silva Giomo

IAC

Pesquisador Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

EPAMIG

Prof. Dr. Marcelo Ângelo Cirillo

UFLA

Prof. Dr. Flávio Meira Borém

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

“Para um bom ganhador não existem derrotas.

Para quem escolheu ser um vencedor, tudo tem um proveito.

Não existem perdas, apenas fins de ciclos.

Não existem tombos, apenas mudanças.

Não existem inimigos, apenas pessoas diferentes.

Não existem problemas, apenas chances de exercitar.

Não acontecem momentos ruins, apenas chamadas passageiras.

Não há orgulho ferido, apenas lições de vida.

Não existem comodismos, apenas rápidos descansos.

Nas leis do sucesso, só vale quem acredita que nasceu para vencer.

Porque a vida só leva para o futuro quem sabe viver...”

(Autor desconhecido)

*Aos meus pais, Josué e Cristina, pelo imenso
amor, incentivo, carinho e apoio.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas risadas nos momentos felizes e pela força e coragem nos momentos mais difíceis.

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

Aos meus pais, pelo amor, confiança e incentivo, em todos os momentos de minha vida.

Ao Prof. Flávio Borém, pela oportunidade, orientação, compreensão e confiança em mim depositada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus familiares, pelo apoio e torcida.

Ao Rafa, pela paciência, colaboração, incentivo e amor.

A Fabiana, pela amizade construída, companheirismo, auxílio e dedicação em todas as etapas do trabalho.

Ao Gerson, por toda a dedicação, paciência, ensinamentos e esforços para contribuir de forma ativa na realização deste projeto.

Aos integrantes e ex-integrantes do laboratório (Valquíria, Letycia, Pedro, Eder, Juliana, Samuel, Willie, Francile, Flávia, Reni, Renan, Ivan...), pela agradável convivência e pela colaboração com o trabalho.

À Epamig, pela parceria, colaboração e comprometimento com o trabalho. Em especial, a Gladyston, Marcelo Malta e André.

Ao IAC, em especial a Terezinha, pelos ensinamentos, paciência e apoio durante a realização das análises cromatográficas.

Ao Sr. Edson, pelos constantes auxílios durante a colheita e realização da análise sensorial.

Ao funcionário da UFLA, José Maurício, pelo apoio na colheita do experimento em Lavras.

A todos os amigos, estagiários e voluntários que contribuíram nas difíceis etapas de colheita e processamento do café.

Ao NECAF, em especial Vinícios, Ramiro, André, Marcelo, João...

Ao professor Marcelo Cirillo, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Às Fazendas Cerrado Grande (Santo Antônio do Amparo, MG) e Recreio (São Sebastião da Gramma, SP), pela colaboração na condução e na colheita dos experimentos.

Aos meus amigos e amigas, pela amizade e diversão.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1 Cafés Especiais	04
2.2 Caracterização e potencial da qualidade do Bourbon	06
2.3 Condições edafoclimáticas	07
2.4 Colheita e processamento	10
2.5 Aspectos químicos	13
2.6 Aspectos sensoriais	18
2.7 Análise de componentes principais (PCA)	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Caracterização dos experimentos.....	22
3.2 Colheita e processamento do café.....	24
3.3 Armazenamento e beneficiamento das amostras	25
3.4 Teor de água	27
3.5 Análise sensorial.....	27
3.6 Análises químicas - Ácidos clorogênicos, Cafeína e Trigonelina	29
3.7 Parâmetros climáticos	30
3.8 Delineamento experimental	31
3.9 Análises estatísticas	31
3.10 Análise de componentes principais.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Análises químicas.....	37
4.2 Análise sensorial.....	49
4.2.1 Componentes principais dos atributos sensoriais de cada ambiente.....	50

5 CONCLUSÕES	66
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXO.....	78

RESUMO

FIGUEIREDO, Luisa Pereira. **Perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon de diferentes origens geográficas**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.¹

A cultivar Bourbon apresenta elevado potencial de qualidade de bebida nas regiões de melhor aptidão climática e, por isso, é altamente valorizada nos mercados de cafés especiais. O presente estudo foi realizado com o objetivo de descrever o perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon nas regiões sul, do estado de Minas Gerais e Mogiana, do estado de São Paulo, visando à identificação de genótipos promissores para a produção de cafés de qualidade superior. Foram avaliadas 14 genótipos de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.), sendo 11 pertencentes ao grupo Bourbon e três representantes de cultivares comerciais amplamente cultivadas no Brasil (Mundo Novo IAC 502/9, Catuaí Vermelho IAC 144 e Icatu Precoce IAC 3282), as quais serviram como testemunhas para as devidas comparações. As populações foram estabelecidas na forma de experimento em campo nos municípios de Lavras e Santo Antônio do Amparo, no estado de Minas Gerais, e São Sebastião da Gramma, no estado de São Paulo. Os cafés foram colhidos, processados, secados, armazenados e, posteriormente, analisados, química (trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína) e sensorialmente. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com técnicas específicas estabelecidas pela tecnologia de pós-colheita do café e sob rigorosos padrões de controle de qualidade. A interação entre genótipos e ambiente de produção influenciou significativamente os teores de trigonelina e cafeína dos grãos. De modo geral, os resultados das análises químicas apresentaram relação com os resultados da análise sensorial para os ambientes, independente do genótipo estudado. A diferença entre os teores dos compostos químicos analisados foi muito pequena, não sendo, no presente estudo, suficiente para a discriminação entre os genótipos. Os genótipos de Bourbon apresentaram maior potencial para a produção de cafés especiais em relação às testemunhas, em todos os ambientes analisados. A influência do ambiente sobre a qualidade da bebida do café depende da adaptação e da

¹ Comitê orientador: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG - UFLA (orientador); Pesquisador Dr. Gerson Silva Giomo – IAC - Campinas e Prof. Dr. Marcelo Ângelo Cirillo – DEX – UFLA.

expressão de cada genótipo e a interação de diferentes atributos pode resultar em cafés de qualidade superior com características sensoriais distintas. Em alguns genótipos foram identificadas nuances de sabor e aroma associadas a perfis sensoriais predominantemente florais, frutados, caramelados e achocolatados, altamente valorizados no mercado de cafés especiais.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Luisa Pereira. **Sensory and chemical profile of Bourbon coffee genotypes from different geographic origins.** 2010. 81 p. Dissertation (Master Degree in Food Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.²

The Bourbon cultivar has a high potential for quality beverage in regions with better climatic suitability and therefore it is highly prized in the markets for this specialty coffee. The objective of this work was to describe the chemical and sensory profile of Bourbon coffee genotypes in the south of State of Minas Gerais and Mogiana in the State of São Paulo, aiming at the identification of promising genotypes for the production of superior quality coffee. Fourteen genotypes of arabica coffee (*Coffea arabica* L.) were evaluated, being 11 in the group of Bourbon, and three representatives of commercial cultivars widely grown in Brazil (Mundo Novo IAC 502/9, Catuai Vermelho IAC 144 e Icatu Precoce IAC 3282), which served as witnesses for comparisons. Populations were established in the form of a field experiment in the cities of Lavras and Santo Antônio do Amparo, in the state of Minas Gerais and São Sebastião da Gramma, in the state of Sao Paulo. The coffees were collected, processed, dried, stored and later analyzed chemically (trigonelline, chlorogenic acids and caffeine) and sensorially. All procedures were performed according to specific techniques established by the technology of post-harvest coffee and under rigorous standards of quality control. The interaction between genotypes and production environment influenced significantly the trigonelline and caffeine levels in the beans. There was a correlation between the results of chemical analysis the results of sensory analysis regardless of the genotypes. The difference between the levels of chemical compounds analyzed in this study was very low and thus not enough to discriminate the different genotypes. The genotypes of Bourbon had higher potential for production of specialty coffee than the controls in all environments analyzed. The influence of the environment in the quality of the coffee depends on the adaptation and expression of each genotype and the interaction of different attributes may result in specialty coffees with different sensory characteristics. In some genotypes were identified

² Guidance Committee: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG - UFLA (adviser); Pesquisador Dr. Gerson Silva Giomo – IAC - Campinas e Prof. Dr. Marcelo Ângelo Cirillo – DEX – UFLA.

flavor and aroma nuances associated with sensory profiles floral, fruity, caramel and chocolate, highly valued in the market for specialty coffees.

1 INTRODUÇÃO

Enquanto os cafés produzidos por países da América Central, África e Ásia são reconhecidos no mercado internacional por seus atributos sensoriais diferenciados, classificados como cafés *gourmets* ou especiais, os do Brasil ainda são conhecidos como cafés comuns, com sabor marcadamente adstringente e caracterizados como cafés de “preço”, ou seja, baratos, de grande importância para a indústria.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional de café, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores. É também o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos (Associação Brasileira das Indústrias de Café – ABIC, 2009).

O conceito de café especial está intimamente ligado ao prazer que a bebida pode proporcionar, por meio de algum atributo específico, processo de produção ou serviço a ele associado. Portanto, diferencia-se dos cafés comuns por características como qualidade superior da bebida, aspecto dos grãos, forma de colheita, tipo de preparo, história, origem dos plantios, cultivares e quantidades limitadas, entre outras. A qualidade e a complexidade da bebida é, certamente, o principal diferencial de um café especial, o qual é tanto mais valorizado quanto mais rara e exótica for a sensação de prazer e percepção sensorial proporcionada ao consumidor. Considerando que o café especial pode ter um valor de venda de até 50% acima do café *commodity*, verifica-se a importância dos cafés especiais para a agregação de valor ao café brasileiro.

Fatores genéticos, como, por exemplo, diferentes cultivares, fatores ambientais e procedimentos na pós-colheita, em especial a forma de processamento e secagem, têm sido considerados como os mais importantes e determinantes do perfil sensorial da bebida do café.

Vários estudos já foram feitos visando correlacionar características genéticas de cultivares de café arábica com a qualidade de bebida, porém, os resultados são pouco conclusivos. Dentre as cultivares comerciais de *Coffea arabica* L. disponíveis para plantio, a cultivar Bourbon tem apresentado elevado potencial de qualidade de bebida nas regiões de melhor aptidão climática para o cultivo do cafeeiro, sendo, por isso, altamente valorizada nos mercados de cafés especiais. No Brasil, acredita-se que a variabilidade genética existente entre cultivares e linhagens de Bourbon pode interferir quantitativa e qualitativamente em alguns componentes químicos, físico-químicos e bioquímicos dos grãos de café, resultantes da interação genótipo \times ambiente e das diferentes formas de processamento do café na pós-colheita, contribuindo para a definição das principais características sensoriais do café.

Para conquistar os mercados mais exigentes e refinados, pesquisas estão sendo conduzidas no intuito de conhecer e melhorar a qualidade do café associado à obtenção de altas produtividades da cultura (Kobayashi et al., 2007). Inúmeros estudos procuram conhecer a relação entre a composição química do grão cru e a qualidade da bebida, buscando substâncias ou precursores que possam realçar a aceitação ou rejeição da bebida (Silva et al., 2005). A formação e a presença desses precursores nos grãos do café dependem de fatores genéticos, ambientais e tecnológicos.

Os aspectos climáticos do local de plantio estão interligados à qualidade de bebida. Cortez (1997), estudando a aptidão climática das diversas regiões cafeeiras de Minas Gerais, verificou que as características de clima influenciam a qualidade do café, em função dos seguintes aspectos: desenvolvimento dos frutos, ocorrência de processos fermentativos prolongados e incidência de grãos defeituosos.

Na produção de cafés de alta qualidade, além de técnicas adequadas de condução das lavouras, deve-se destacar a importância dos cuidados na pós-

colheita. Bytof et al. (2005) demonstraram que, durante o processamento pós-colheita do café, ocorrem diversos processos metabólicos no interior dos grãos, alterando significativamente a composição química do grão cru.

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de descrever o perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon (*Coffea arabica* L.) no sul do estado de Minas Gerais e na região Mogiana do estado de São Paulo, visando à identificação de genótipos promissores para a produção de cafés de qualidade superior.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cafés especiais

A busca por qualidade na indústria alimentícia esteve em constante crescimento na última década, devido às mudanças nas preferências dos consumidores. No caso do café, pode-se observar que os consumidores começaram a se preocupar mais com a qualidade, valorizando mais seu sabor, seu aroma e a higiene do produto. Muitos deles estão dispostos a pagar mais caro por cafés que possuam alguns atributos desejados. Com isso, o mercado de cafés especiais vem crescendo, aproximadamente, 10% ao ano e alguns fatores responsáveis por esse aumento são o surgimento de cafeterias voltadas para esse conceito de qualidade, o aumento do consumo fora do lar e a maior exigência e curiosidade do consumidor (Associação Brasileira de Cafés Especiais – BSCA, 2008). Segundo Farah et al. (2006a), o sabor e o aroma são os atributos mais importantes para a avaliação da qualidade do café, por serem as principais motivações para a preferência dos consumidores.

O segmento dos cafés especiais surgiu entre 1970 e 1980, em plena crise de consumo norte-americana. Inicialmente, um grupo de industriais fundou a Specialty Coffee Association of América (SCAA), com o objetivo de estimular a produção e o consumo de cafés especiais. Pode-se dizer que tenha surgido como um meio de driblar preocupações relacionadas à produção ou, até mesmo, apenas para agregar valor ao produto, sendo, portanto, um mercado em ascensão.

O conceito de café especial está intimamente ligado ao prazer que a bebida pode proporcionar por meio de algum atributo específico, processo de produção ou serviço a ele associado. Portanto, diferencia-se dos cafés comuns por características como qualidade superior da bebida, aspecto dos grãos, forma de colheita, tipo de preparo, história, origem dos plantios, cultivares e

certificações, entre outras. Podem também incluir parâmetros de diferenciação que se relacionam à sustentabilidade econômica, ambiental e social da produção, de modo a promover maior equidade entre os elos da cadeia produtiva. A rastreabilidade e a incorporação de serviços também são fatores de diferenciação e, portanto, de agregação de valor (Souza et al., 2002; Borém et al., 2008).

A qualidade e a complexidade da bebida é certamente o principal diferencial de um café especial, o qual é tanto mais valorizado quanto mais raras e exóticas forem a sensação de prazer e a percepção sensorial proporcionada ao consumidor.

Segundo a Specialty Coffee Association of America – SCAA (2008), os cafés especiais apresentam alto padrão de qualidade e elevado potencial de expressão de aroma e sabor após a torra, não apresentam qualquer tipo de defeito e, geralmente, estão associados a alguma forma de diferenciação por seu local de origem, forma de cultivo ou cultivares específicas. Para ser considerado especial, um café deve apresentar um caráter distinto na xícara e ser notavelmente bom, pois, mesmo apresentando bom aspecto físico, se, após a torra, o café não for altamente aromático e agradável ao paladar, poderá deixar de ser um café especial.

Um café especial é sinônimo de café fino ou de qualidade superior que apresente alguma característica que o diferencie dos outros, como o sabor remanescente floral, cítrico ou achocolatado, entre outros, o que contribui para agregar valor ao produto (Paiva, 2005).

A cafeicultura tem enfrentado transformações em sua conjuntura econômica, resultando na necessidade de mudança, tanto na produção quanto na comercialização de cafés, com reflexos significativos na produção brasileira. Os consumidores têm se tornado mais exigentes, valorizando tipos especiais de café e o mercado mais competitivo pela entrada de novos países produtores e

exportadores. Sendo assim, para a sobrevivência da cafeicultura brasileira, é imprescindível que o Brasil siga o caminho da qualidade.

2.2 Caracterização e potencial de qualidade do Bourbon

A cultivar Bourbon é originária da Ilha de Reunião (antigamente denominada Ilha de Bourbon, na França) e foi introduzida no Brasil em 1859, em Resende, RJ, no intuito de aumento de produtividade, pois havia informações de que era de boa qualidade e mais produtiva que a cultivar Típica, introduzida no Brasil em 1727 (Taunay, 1939). Por volta de 1875 foi plantada no estado de São Paulo, na região de Cravinhos e Ribeirão Preto. Foi amplamente cultivada, pois, apresentava as mesmas características qualitativas que a cultivar Típica, principalmente quanto ao aroma e ao sabor da bebida e tinha a vantagem de produzir cerca de 20% a 30% a mais que a sua antecessora.

A cultivar Bourbon é considerada, atualmente, a que possui, no âmbito nacional, o maior potencial para a produção de cafés especiais, despertando o interesse de produtores brasileiros por novos materiais genéticos dessa cultivar. Devido ao seu sabor adocicado e ao aroma peculiar que confere à bebida, muitos produtores de café estão voltando a plantar o Bourbon, pois se trata de uma cultivar de café arábica top de linha, considerada uma das melhores do mundo para a produção de cafés especiais (Valor Econômico, 2007).

Em 1930, foram encontradas, no estado de São Paulo, algumas plantas de Bourbon com frutos amarelos, um provável híbrido natural entre Bourbon Vermelho e Amarelo de Botucatu (Carvalho et al., 1957). Em 1932, no Instituto Agrônomo (IAC), teve início um plano bastante amplo de melhoramento genético do cafeeiro e, em experimento com diversas cultivares de café arábica, verificou-se que a Bourbon Amarelo era uma das mais produtivas, seguida de Bourbon Vermelho, as quais foram selecionadas para estudo de suas progênies (Mendes, 1951).

Como resultado do melhoramento genético, foram obtidas as cultivares IAC 662 de Bourbon Vermelho e IAC J2, IAC J9, IAC J10, IAC J19, IAC J20, IAC J22 e IAC J24 de Bourbon Amarelo. As plantas de Bourbon são altamente suscetíveis à ferrugem e apresentam porte médio/alto, frutos vermelhos ou amarelos, maturação precoce e sementes com peneira média 16. Tem excelente qualidade de bebida, sendo indicada para plantio em regiões acima de 1.000 m para a produção de cafés especiais (Guerreiro Filho et al., 2006).

Mesmo sendo suscetível à ferrugem, a cultivar Bourbon foi amplamente cultivada no Brasil. A precocidade de maturação favoreceu o seu cultivo em locais de maior altitude, situação em que, além de ser menos atacada pela ferrugem, apresenta, naturalmente, maior potencial para a produção de cafés de melhor qualidade, com desejável acidez cítrica. Blends exclusivos de Bourbon produzem, normalmente, uma bebida suave e agradável. A qualidade intrínseca do Bourbon, relacionada ao seu potencial genético para produzir café de excelente qualidade de bebida, é mundialmente conhecida, devido às suas características sensoriais diferenciadas, como elevada doçura natural, sabor achocolatado, aroma intenso e agradável acidez, sendo bastante utilizada para a produção de cafés especiais em diversas regiões do mundo. Em El Salvador, um dos importantes países produtores de cafés especiais, a cultivar Bourbon ocupa quase 70% da área cultivada (Salvadoran Coffee Council, 2009).

A grande variação entre as cultivares e linhagens de Bourbon no Brasil e a crescente demanda para plantio reforçam a necessidade imediata de estudos físico-químicos, bioquímicos e sensoriais, visando à identificação de materiais genéticos com elevado potencial para a produção de cafés especiais.

2.3 Condições edafoclimáticas

A condição geográfica para produção do café arábica de qualidade é representada por regiões de altitude elevada e solo fértil, ou seja, terras

localizadas ao redor da zona equatorial, entre os limites de 25 graus norte e 30 graus sul. São regiões tropicais onde, durante o dia, as temperaturas são elevadas e, à noite, faz frio. No mundo existem inúmeras regiões produtoras de café que apresentam características edafoclimáticas diferentes e que são determinantes para o sabor da bebida (National Coffee Association, 2007).

Os aspectos climáticos do local de plantio estão intimamente interligados à qualidade de bebida. As áreas brasileiras de cafês especiais envolvem, basicamente, o sul e o cerrado de Minas Gerais, a região Mogiana do estado de São Paulo, o vale do Jequitinhonha, o oeste da Bahia e as chapadas baianas. Segundo Camargo et al. (1992), a grande variedade de tipos de bebida de café no Brasil (de bebida rio ao gourmet) se deve ao fato de o cultivo ser realizado em diversas regiões do país, sob as características climáticas de cada local.

Em Minas Gerais, em virtude da amplitude das regiões de cultivo (Sul de Minas, Triângulo Mineiro, Zona da Mata e Vale do Jequitinhonha) e da diversidade genética dos materiais cultivados, a interação genótipo \times ambiente é bastante complexa, afetando diretamente a qualidade do café. Cortez (1997), estudando a aptidão climática das diversas regiões cafeeiras de Minas Gerais, verificou que as características de clima influenciam a qualidade do café em função dos seguintes aspectos: desenvolvimento dos frutos, ocorrência de processos fermentativos prolongados e incidência de grãos defeituosos.

Uma das mais tradicionais regiões produtoras de café, a Mogiana, está localizada ao norte do estado de São Paulo e, segundo Martins et al. (2005), os cafês produzidos nesta região são classificados em sua maioria como de bebida mole, em virtude de características como temperaturas amenas e acentuada deficiência hídrica no período de colheita.

A altitude e a latitude são fatores importantes para a diferenciação de regiões cafeeiras, pois eles exercem influência direta na temperatura e no regime de distribuição de chuvas. Nas regiões mais altas há maior índice de precipitação

pluviométrica e, a cada 100 m de aumento da altitude, a temperatura diminui cerca de 1,0°C, o que é favorável para a obtenção de uma maturação mais uniforme. Baseando-se em resultados de análises sensoriais de cafés cultivados em diferentes altitudes na região de Patrocínio, MG, a Organização Internacional do Café – OIC (1991) concluiu que a altitude exerce grande influência sobre a qualidade da bebida do café, que se manifesta com o aumento da acidez.

Decazy et al. (2003) avaliaram a qualidade de 52 lotes de café arábica em seis regiões produtoras de Honduras e observaram que os melhores cafés foram obtidos em altitudes acima de 1.000 m, onde a precipitação anual manteve-se abaixo de 1.500 mm. Solares et al. (2000 citados por Silva et al., 2004), estudando a influência das variedades Bourbon, Caturra e Catuaí, cultivadas em três níveis de altitude (abaixo de 1.220 m, entre 1.220 m a 1.460 m e acima de 1.460 m), concluíram que a altitude exerce influência sobre a qualidade do café, independente da variedade cultivada. Os autores observaram que as propriedades organolépticas, como corpo, aroma e suavidade, acentuam-se à medida que a altitude se eleva, enquanto a acidez permanece quase inalterada.

Nas regiões de clima mais quente e ou úmido no período da colheita, o ciclo de maturação é mais curto, os frutos mudam rapidamente do estágio cereja para passa e há grande risco da fermentação inicial dos frutos (alcoólica e ou láctica) evoluir rapidamente para as fases seguintes (acética e ou propiônica), que são extremamente prejudiciais à qualidade do café (Souza, 1996). Segundo Matiello (1991), nas regiões que apresentam altos níveis de umidade relativa do ar prolongada nos períodos pré-colheita e secagem no terreiro produzem-se bebidas de pior qualidade e com maior incidência de defeitos no café, devido à ocorrência de fermentações e deteriorações.

Silva et al. (2005) apontam que temperaturas médias mais baixas desempenham papel importante no desenvolvimento dos atributos que conferem

boa qualidade de bebida ao café. Mesmo com a escassez de informações técnico-científicas, geralmente, considera-se que regiões com temperaturas mais amenas, dentro de certos limites, proporcionam melhores condições para a maturação dos frutos, favorecendo a manifestação plena de todas as etapas bioquímicas necessárias para o desenvolvimento da qualidade da bebida, em comparação com regiões mais quentes. Alguns relatos confirmam a ocorrência desse fenômeno (Guyot et al., 1996; Decazy et al., 2003), porém, os resultados são pouco esclarecedores, uma vez que as temperaturas reais não foram devidamente monitoradas e registradas.

2.4 Colheita e processamento

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

No decorrer do desenvolvimento e da maturação dos frutos do cafeeiro, os teores dos constituintes químicos sofrem grandes variações, até atingir níveis ideais, característicos do fruto de café maduro. O estágio cereja é o ponto ideal de maturação para colheita e refere-se ao momento em que o fruto apresenta composição química plenamente desenvolvida e equilibrada, com o máximo potencial de expressão de qualidade de bebida.

Em estudo sobre a influência da maturação dos frutos na qualidade do café, Teixeira et al. (1971) verificaram que a adição de grãos verdes, pretos e ardidos a café de bebida mole piorou a qualidade com percentuais de adição superiores a 15% de grãos verdes e ardidos e 10% de grãos pretos. Carvalho et

al. (1970) também mostraram que a fração de frutos cereja foi a que apresentou menores frequências de defeito (grãos pretos, verdes e ardidos). Esses resultados reforçam a necessidade de colher frutos no estágio de maturação cereja para a obtenção de bebidas de melhor qualidade, oferecendo indicativos importantes para a produção de cafés especiais, tais como colheita seletiva e separação hidráulica de frutos, dentre outros.

Historicamente, dois diferentes métodos são utilizados para o processamento do café: a via seca, que processa os frutos na sua forma intacta (sementes + endocarpo + mesocarpo + exocarpo), produzindo frutos secos, conhecidos como café em coco ou café natural e a via úmida, que produz os cafés em pergaminho, denominados despulpados, desmucilados e descascados, quando submetidos à remoção de mucilagem por fermentação, por desmucilador mecânico e sem remoção de mucilagem, respectivamente.

Em ambos os processos, o principal objetivo é secar o café rapidamente, removendo-se a água dos grãos até níveis seguros para o seu adequado beneficiamento e armazenamento, cerca de 11% (bu) (Borém, 2008). No Brasil, na Etiópia e no Iêmen predomina o processamento por via seca para o café arábica, enquanto a via úmida é a forma de preparo predominante do café arábica nos demais países produtores (Wilbaux, 1963; Vincent, 1987; Brando, 2004).

Cafés obtidos a partir das diferentes formas de processamento apresentam características distintas na qualidade final e na bebida (Illy & Viani, 1995). Frequentemente são encontrados, na literatura, menção de que os cafés produzidos pela via seca têm qualidade comparativamente inferior à dos produzidos por via úmida (Wilbaux, 1963; Vincent, 1987; Pereira et al., 2002; Vilella, 2002). Tal diferença pode ser atribuída em parte à forma de processamento, aos cuidados efetivamente utilizados na separação e homogeneização dos frutos, à secagem do café e ao fato de que apenas os frutos

maduros são utilizados para o processamento via úmida, enquanto frutos de todas as fases de maturação são utilizados para o processamento via seca.

De modo geral, os cafés naturais apresentam mais corpo e os cafés despulpados aroma mais acentuado e acidez mais desejável. O café natural (obtido pela via seca) tem sido bastante valorizado para a composição de blends, por originar cafés com bebidas mais encorpadas (maior teor de sólidos solúveis totais), com maior doçura e acidez moderada.

Apesar dos inúmeros eventos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem no café durante a pós-colheita e que podem resultar nas características que distinguem os cafés, a explicação tradicional para essas diferenças refere-se à ocorrência de fermentações indesejáveis, frequentemente associadas ao processamento por via seca, bem como à ausência de cuidados no momento da colheita e secagem do café natural (Borém, 2008).

De acordo com Leloup et al. (2004), o tipo de processamento altera a composição do café cru, bem como suas características sensoriais. Estudos recentes conduzidos por Bytof et al. (2005) demonstraram, pela primeira vez, que, durante o processamento pós-colheita, diversos processos metabólicos ocorrem no interior dos grãos do café, alterando significativamente a composição química do grão cru.

Análises quantitativas de açúcares de baixo peso molecular presentes em grãos crus de café arábica processados por via seca e por via úmida revelaram correlação estreita entre o tipo de tratamento pós-colheita e os conteúdos de glicose e frutose. Cafés processados por via úmida apresentaram menores quantidades de ambas as hexoses, quando comparados com cafés processados por via seca (Knopp et al., 2006). Homma (2001) sugere que estudos das alterações de aminoácidos livres (componentes que são considerados essenciais precursores de cor e aroma da bebida do café) podem ser mais adequados para

explicar algumas das diferenças sensoriais entre cafés submetidos a diferentes formas de processamento.

2.5 Aspectos químicos

Além dos fatores genéticos, ambientais e daqueles relacionados à condução e ao manejo da lavoura cafeeira, acredita-se que as diferenças no sabor e no aroma dos cafés naturais e despolpados sejam provenientes de diversas alterações físico-químicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nos grãos ou sementes, durante o processamento, porém, ainda pouco estudadas e pouco conhecidas, até o momento.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de relacionar os componentes físico-químicos do grão e a qualidade do café, com o objetivo de complementar a classificação sensorial (Pereira, 1997; Lopes, 2000; Silva et al., 2005; Franca et al., 2005; Farah et al., 2006a; Kobayashi et al., 2007). Atualmente, sabe-se que alguns compostos acumulados durante a maturação dos grãos de café têm importante papel na qualidade da bebida.

Uma característica interessante da bebida do café é o fato de não possuir valor nutricional relevante, sendo consumida basicamente devido aos efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados à presença de cafeína e, principalmente, pelo prazer e satisfação que seu aroma e sabor são capazes de proporcionar (Moreira et al., 2000).

A sacarose e uma série de polissacarídeos, como arabinogalactana, galactomanana e celulose, são importantes constituintes dos grãos crus de café. Os açúcares estão associados com a qualidade, como citam Shankaranarayana et al. (1974), por estarem, juntamente com os aminoácidos e as proteínas, correlacionados com a origem de vários compostos voláteis em cafés torrados. Os açúcares participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração, como a reação de Maillard e ou caramelização, que serão responsáveis

pela formação da cor, sabor e aroma peculiares da bebida do café (Pereira, 1997).

O aroma e o sabor desejados da bebida de café são desenvolvidos no processo de torrefação, quando os grãos sofrem reações para as mudanças desejadas na composição química (Oliveira et al., 2008). Embora o processo de torração do café pareça simples, em termos de condições de processamento, é pouco conhecido cientificamente e bastante complexo, do ponto de vista químico, uma vez que centenas de reações químicas ocorrem simultaneamente. Exemplos incluem reações de Maillard, degradação de proteínas, polissacarídeos, trigonelina e ácidos clorogênicos (De Maria et al., 1996).

Em pesquisas realizadas por Leloup et al. (2004) e Selmar et al. (2004) foram demonstradas variações no conteúdo de glicose, frutose e aminoácidos livres (ácido γ -amino butírico) nos grãos crus de café, dependendo da forma de processamento. Bytof et al. (2005) demonstraram que o ácido γ -amino butírico é acumulado durante o processamento por via seca em teores mais elevados, comparativamente ao processamento por via úmida, evidenciando, claramente, que diferentes reações metabólicas ocorrem nos frutos do café durante a pós-colheita, sendo sua intensidade e abrangência dependentes do processamento empregado.

Quimicamente, a acidez do café é ocasionada, predominantemente, por ácidos não voláteis, como oxálico, málico, cítrico, tartárico, pirúvico e por ácidos voláteis, representados pelos ácidos acético, propiônico, valérico e butírico, originários de diversas rotas bioquímicas, bem como da fermentação microbiana dos açúcares existentes na polpa e na mucilagem dos frutos (Feldman et al., 1969). A intensidade da acidez da bebida varia em função das condições climáticas durante a colheita e a secagem, do local de origem, do estágio de maturação dos frutos e do tipo de processamento utilizado. Fatores

como espécies e cultivares também são de grande importância na definição da acidez do café.

Os compostos fenólicos estão presentes nos frutos de café em grandes proporções e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias, os quais são responsáveis pela adstringência do café e contribuem de maneira significativa para determinar o sabor da bebida. O grão de café tem vários tipos de compostos fenólicos e os principais, devido à quantidade encontrada no grão, segundo Moreira et al. (2000), são os ácidos clorogênicos.

Existem indícios da ocorrência de maior concentração de polifenóis em cafés de pior qualidade, o que tem sido atribuído ao estágio de maturação dos frutos, especialmente em razão de elevadas porcentagens de frutos verdes (Carvalho et al., 1987; Pimenta et al., 2000; Pimenta, 2001) e da presença de grãos defeituosos (Pereira, 1997).

Os ácidos clorogênicos (CGAs) são formados, principalmente, pela esterificação do ácido quínico com o ácido cafeico, felúrico ou p-cumárico (Trugo & Macrae, 1984), sendo conhecidos por serem responsáveis pela pigmentação, formação do aroma e adstringência do café (Trugo & Macrae, 1984; De Maria et al., 1995).

Os CGAs sofrem degradação durante a torração, produzindo os ácidos fenólicos livres. Trugo & Macrae (1984) verificaram perdas de 60,9% dos ácidos clorogênicos para café arábica, após torra leve do café cru. Aproximadamente metade do conteúdo total de CGAs perdidos na torrefação pode ser encontrada na fração de pigmentos, na forma de ácido quínico livre e como compostos de baixo peso molecular. Sendo assim, os CGAs são precursores importantes de ácidos fenólicos livres e, por conseguinte, dos compostos fenólicos voláteis que participam da formação do aroma do café processado (Moreira et al., 2000). Os compostos fenólicos voláteis, de maneira geral, apresentam características sensoriais bem variadas, sendo responsáveis

pelo odor de matéria queimada, de especiarias, de cravo, de fumo e também pela sensação de amargor e adstringência encontrada no café (Dart & Nursten, 1985).

O conteúdo total de CGA varia conforme a espécie, a variedade do café, a técnica de extração e o método de análise (Moreira et al., 2000). Utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), Stegen & Duijn (1980) encontraram valores de ácidos clorogênicos na faixa de 5,5%-6,5% e 9,0%-10%, para cafês arábica e robusta, respectivamente. Perrone et al. (2008) encontraram teores totais de CGA iguais a 6,3% e a 5,5% (base seca), nas cultivares Mundo Novo e Catuai Vermelho, respectivamente.

A importância de compostos não-voláteis do café, como a trigonelina e os ácidos clorogênicos, está relacionada com a função destes como precursores de outros compostos voláteis que contribuem para o sabor e o aroma do café torrado.

A cafeína é um derivado da xantina, apresenta sabor amargo característico e, segundo Trugo (1984), é importante para o sabor do café. Este composto também tem sido tema de várias investigações de seus efeitos farmacológicos (Barone & Roberts, 1996; Ribeiro-Alves et al., 2003).

A quantidade de cafeína presente no café é responsável por 10% de seu amargor, no entanto, o teor de cafeína não tem efeito direto na qualidade sensorial (Illy & Viani, 1995). À medida que a inter-relação entre os componentes do grão de café for mais conhecida, a quantidade de cafeína presente em uma variedade específica poderá vir a ser um índice de qualidade (Lopes, 2000). Ainda que não tenha um efeito direto na determinação da qualidade da bebida do café, é de grande importância a presença da cafeína e trigonelina na bebida, sob a ótica dos efeitos benéficos que podem causar à saúde.

O conteúdo de cafeína no café cru varia amplamente de uma espécie para outra, sendo possível, também, encontrar variações dentro de uma mesma

espécie ou variações relacionadas à utilização de diferentes métodos analíticos. Valores médios entre 0,9% e 1,3% foram relatados por Streuli (1973) e Clifford (1985), para o café arábica. Silvarolla et al. (2004) citam valores de cafeína inferiores a 0,1% para alguns genótipos de café arábica originários da Etiópia. Franca et al. (2005) e Farah et al. (2006a) encontraram maiores teores de cafeína em amostras de café arábica de alta qualidade, quando comparadas com outras amostras.

A trigonelina é um derivado da piridina, conhecido por contribuir indiretamente na formação de aromas desejáveis durante a torração (Ky et al., 2001; Macrae, 1985). O valor da trigonelina, em grãos crus, é variável em função da espécie, apresentando, em geral, maiores valores em *Coffea arabica* (De Maria et al., 1999). O prévio conhecimento da concentração de trigonelina permite estimar o potencial de degradação para a formação dos compostos voláteis e do ácido nicotínico no processo de torração (Mazzafera, 1991; Vitorino et al., 2001; Nogueira & Trugo, 2003; Aguiar et al., 2005).

Farah et al. (2006a), trabalhando com cafés de diferente qualidade de bebida, encontraram relação entre a qualidade e o teor de trigonelina nos grãos crus, estando a redução na qualidade associada à redução nos níveis de trigonelina.

Na identificação dos compostos totais ou individuais presentes em café, várias técnicas espectroscópicas são utilizadas, de maneira isolada ou em associação, tais como: cromatografia líquida de alta resolução, espectroscopia nas regiões do infravermelho, cromatografia gasosa e cromatografia gasosa de alta resolução acoplada à espectrometria de massa. Segundo Chirinos et al. (2008), a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) tem a vantagem de ser um método versátil e preciso.

2.6 Aspectos sensoriais

A avaliação sensorial do café é feita por meio dos órgãos dos sentidos, especialmente gosto, olfato e tato. Embora possa se apresentar como uma avaliação subjetiva, a análise sensorial é o método mais utilizado para a caracterização da qualidade de bebida do café e, ainda que seja passível de erros, não se encontrou ainda outra solução, em vista da complexidade dos fatores que envolvem a manifestação de aromas e sabores na bebida (Mônaco, 1958).

Segundo Illy (2002), um provador de café precisa ter sensibilidade olfativa e gustativa para poder diferenciar nuances especiais formadas na bebida do café, identificando com precisão a qualidade do café. Referindo-se à classificação da bebida do café pela prova de xícara tradicional, conforme prescrito na Classificação Oficial Brasileira – COB (Brasil, 2003), Barca (1998) afirma que a subjetividade dessa avaliação sensorial não está bem fundamentada, visto que as diferenças entre os tipos de bebidas de café são bem acentuadas, não permitindo que degustadores treinados e experientes tenham dúvida quanto à classificação da bebida.

A prova de xícara tradicional é largamente empregada para a classificação da bebida dos cafés *commodities*, classificando-os em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riado, rio e rio zona (Brasil, 2003). Contudo, como não há um critério uniforme ou padronização de procedimentos para a sua realização, especialmente quanto à torra do café. Esse tipo de avaliação apresenta algumas limitações, sendo pouco utilizada para a análise sensorial de cafés especiais.

Na avaliação de cafés especiais, além da nota global da bebida, são importantes as pontuações obtidas em cada um dos atributos que compõem a sua qualidade global, tendo em vista a identificação de características sensoriais distintas entre diferentes amostras e, ao mesmo tempo, descrever as notas ou nuances específicas de aroma e sabor encontradas em uma determinada amostra.

Dentre as metodologias disponíveis para análise sensorial do café, considera-se a mais adequada para cafés especiais aquela adotada pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), que considera como especiais os cafés que apresentação nota final igual ou acima de 80 pontos.

A metodologia da SCAA preconiza a utilização de procedimentos padronizados (protocolos) para a realização da análise sensorial, incluindo avaliações objetivas para a percepção de uniformidade, doçura e defeitos, (Alves, 2007; Lingle, 1993), sendo por isso bastante aceita e utilizada na maioria dos países produtores de café especial. Além disso, essa metodologia permite identificar as principais características sensoriais existentes entre diferentes amostras de café, assim como descrever as notas de aroma e sabor predominantes, fornecendo subsídios importantes para a escolha da matéria-prima (café cru), de acordo com a finalidade desejada (café de coador, café expresso, etc).

Nessa análise sensorial são avaliados os seguintes atributos: fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual (finalização), doçura, uniformidade, xícara limpa (ausência de defeitos), equilíbrio (harmonia) e avaliação global. Resultados altamente positivos decorrem da percepção de um equilibrado conjunto formado por todos os atributos avaliados. Por outro lado, os defeitos da bebida implicam em resultados pouco expressivos, decorrentes de interferências desagradáveis no sabor e a avaliação global é baseada na memória sensorial que os degustadores possuem, sempre tomando por referência cafés de mesma origem e natureza.

De acordo com Lingle (2001), a análise sensorial dos cafés especiais é realizada por etapas ou estágios. No estágio olfativo são avaliados os compostos orgânicos voláteis, sejam eles substâncias que ocorrem naturalmente ou aquelas que são formadas depois do processo de torra. No estágio gustativo avaliam-se as substâncias solúveis em água, principalmente compostos químicos orgânicos

ou inorgânicos. No estágio “sentido na boca”, avalia-se o tato na região do palato, ou seja, a sensação que a bebida proporciona quando em contato com a língua, permitindo avaliações relacionadas com algumas características da bebida, como viscosidade e oleosidade. Quando avaliadas conjuntamente, caracterizam o corpo.

As análises sensoriais são realizadas por um painel de degustadores devidamente treinados e habilitados pela Associação Americana de Cafés Especiais, denominados juízes certificados (SCAA *Certified Cupping Judges*), os quais são submetidos a treinamentos específicos para a comprovação da percepção sensorial. Periodicamente, eles participam de calibrações para aferição e/ou aprimoramento das suas habilidades sensoriais, especialmente as olfativas e gustativas, aumentando a representatividade da análise sensorial realizada por essa metodologia. Também o contato freqüente dos degustadores com cafés das principais origens do mundo favorece uma avaliação mais detalhada, contribuindo sobremaneira para a percepção das características sensoriais predominantes em cada café. Além disso, constitui excelente oportunidade para a construção de uma memória sensorial mais aguçada, possibilitando a identificação de características associadas a diferentes origens, formas de preparo e cultivares.

2.7 Análise de componentes principais (PCA)

A análise de componentes principais consiste, essencialmente, em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise dos dados. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, sendo independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação contida nos dados iniciais.

O principal objetivo dessa técnica é a redução da dimensionalidade do conjunto original de variáveis, com a menor perda de informação possível, além de permitir o agrupamento de observações similares, mediante dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensionais (Mingoti, 2005). Com a utilização de PCA é possível visualizar dados complexos e multidimensionais, facilitando a interpretação do mesmo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos experimentos

Foram avaliados 14 genótipos de café arábica (*Coffea arabica* L.), sendo onze pertencentes ao grupo da cultivar Bourbon, conhecida pelo elevado potencial para a produção de cafés especiais e três representantes de cultivares comerciais amplamente cultivadas no Brasil (Tabela 1). O grupo de genótipos Bourbon constitui uma população segregante obtida a partir de sementes coletadas em diferentes regiões cafeeiras do Brasil. As outras três cultivares, Mundo Novo IAC 502/9, Catuaí Vermelho IAC 144 e Icatu Precoce IAC 3282, utilizadas como referência para avaliação da qualidade, são provenientes de instituições de pesquisa e respondem por mais de 90% das lavouras comerciais do Brasil.

As populações estão estabelecidas na forma de experimento em campo, no sul do estado de Minas Gerais e na região da Mogiana do estado de São Paulo, abrangendo os municípios de Lavras, MG; Santo Antônio do Amparo, MG e São Sebastião da Gramma, SP (Tabela 2), estando assim representadas distintas condições edafoclimáticas das regiões produtoras de cafés.

Os experimentos foram instalados em dezembro de 2005, no espaçamento de 3,5 x 0,8m. Os dados do presente trabalho referem-se à segunda colheita (safra 2009). Foram adotadas todas as práticas de manejo usualmente empregadas na cultura do cafeeiro e a recomendação de adubação feita conforme a 5^a Aproximação (Ribeiro et al., 1999).

TABELA 1 Relação dos genótipos presentes nos experimentos.

Genótipo/local de origem	
1	Bourbon Amarelo/Epamig – Machado
2	Mundo Novo IAC 502/9/Epamig – Machado
3	Catuai Vermelho IAC 144/Epamig – Machado
4	Icatu Precoce IAC 3282/Procafé – Varginha
5	Bourbon Amarelo/Procafé – Varginha
6	Bourbon Amarelo/Fazenda Bom Jardim – Sto. Antônio do Amparo
7	Bourbon Vermelho/Fazenda São João Batista - Campos Altos
8	Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas
9	Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso
10	Bourbon Amarelo LCJ 10/Fazenda São Paulo – Oliveira
11	Bourbon Amarelo/Aluizio Castro - Carmo de Minas
12	Bourbon Amarelo/Fazenda Paixão – Carmo de Minas
13	Bourbon Trigo/Fazenda Monte Alegre – Alfenas
14	Bourbon Amarelo/Fazenda Samambaia – Sto. Antônio do Amparo

TABELA 2 Relação dos locais de instalação dos experimentos.

Cidade	Região do Estado	Local
Lavras	Sul de Minas	Setor de cafeeicultura – DAG/UFLA
Santo Antônio do Amparo	Sul de Minas	Fazenda Cerrado Grande
São Sebastião da Gramma	Mogiana Paulista	Fazenda Recreio

3.2 Colheita e processamento do café

A colheita foi manual e seletiva quando a maioria dos frutos de cada parcela atingiu o estágio de maturação cereja. Posteriormente, procedeu-se a separação hidráulica dos frutos por diferença de densidade, em uma caixa d'água adaptada com uma peneira, garantindo completo isolamento dos materiais das diferentes parcelas. A porção cereja, de maior densidade, foi separada da porção boia, de menor densidade. Embora tenha sido realizada a colheita seletiva dos frutos maduros, uma pequena porção de frutos imaturos ainda era encontrada na porção cereja. Tendo em vista a obtenção de amostras constituídas somente por frutos completamente maduros, após a separação, procedeu-se a uma nova seleção manual dos frutos, obtendo-se 20 L, constituídos somente de frutos cereja. Esses foram, então, descascados em um descascador de amostras, originando o café cereja descascado (CD). A secagem foi iniciada imediatamente após o processamento. As amostras de café foram secas em peneiras (moldura de madeira e tela com malha de 2,00 x 1,00 mm, fabricadas em fios de polietileno) de 1m², dispostas sobre terreiro pavimentado. Foram distribuídos, uniformemente, 7 L de café descascado por peneira, revolvidos 20 vezes ao dia. Na primeira noite após sua distribuição nas peneiras, o café foi mantido aberto e descoberto e, nas noites seguintes, foi coberto com pano. A espessura da camada, equivalente a 7 L.m⁻², foi mantida até o café atingir a meia seca, com teor de água de, aproximadamente, 25% (b.u). Em seguida, dobrou-se a espessura da camada de café. Tais procedimentos foram realizados até o café atingir teor de água de 11% (b.u). Todos os procedimentos de colheita e processamento foram realizados segundo Borém (2008).

O fluxograma usado na preparação da matéria-prima está ilustrado na Figura 1.

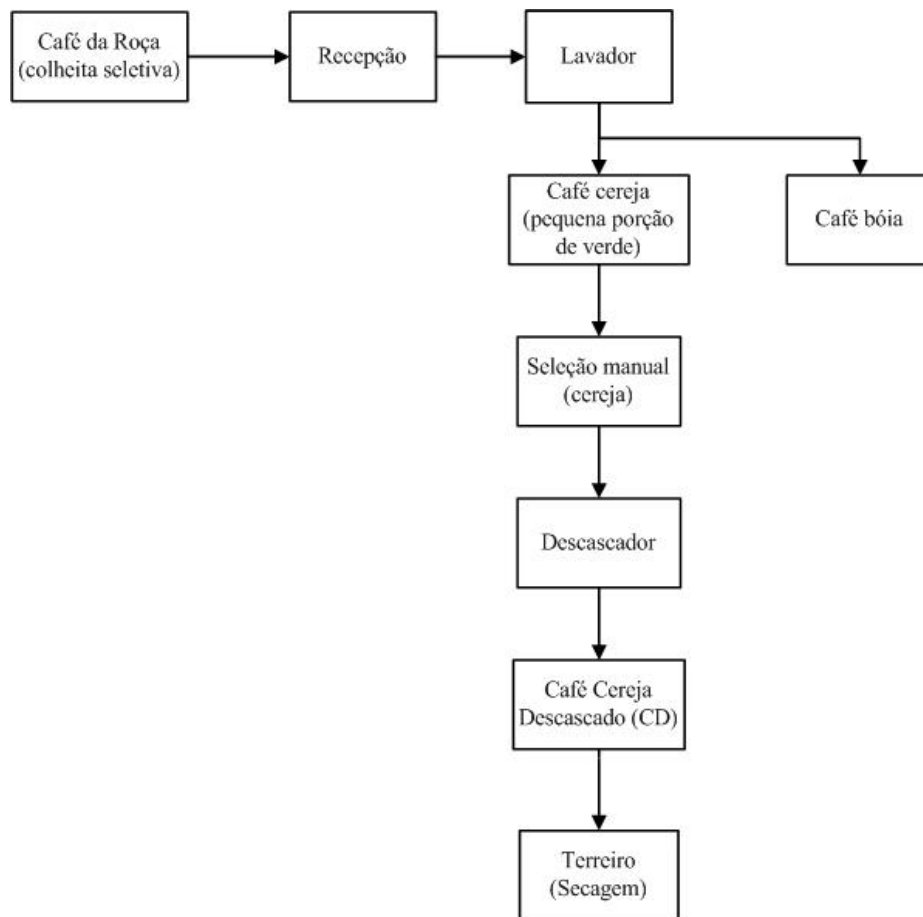


FIGURA 1 Fluxograma usado na preparação da matéria-prima

3.3 Armazenamento e beneficiamento das amostras

Após a secagem, as amostras foram embaladas em sacos de papel e revestidas com sacos de plástico, identificadas e armazenadas (Figura 2) no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas (UFLA), em câmara com temperatura controlada, a 18°C, por um período de 60 dias. Em seguida, as amostras foram beneficiadas e os defeitos retirados, visando à uniformização e, sobretudo, à minimização de interferências que não fossem relacionadas ao

material genético ou ao ambiente de cultivo. Posteriormente, os grãos mocas foram retirados utilizando-se peneira com crivo oblongo de 11 x $\frac{3}{4}$ de polegada e os grãos chatos separados em peneiras com crivos circulares de 19 a 16/64 avos de polegada. Nas análises realizadas, apenas as peneiras 16, 17 e 18/64 avos de polegada foram utilizadas.

Finalmente, as amostras foram encaminhadas ao Polo de Tecnologia do Café da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Laboratório de Química do Café do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), onde foram realizadas as análises sensorial e química, respectivamente.



FIGURA 2 Armazenamento das amostras em câmara com temperatura controlada.

3.4 Teor de água

O teor de água dos grãos crus de café foi determinado em estufa, a $105\pm 1^\circ\text{C}$, por $16\pm 0,5$ horas, conforme o método padrão internacional da ISO 6673 (International Organization for Standardization – ISO, 1999). Os grãos foram colocados na estufa em duplicata e, por diferença de peso entre a massa inicial e a final do produto, foi obtida a quantidade de água presente nos grãos. Os resultados foram expressos em porcentagem em base úmida (% b.u).

3.5 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por provadores treinados e qualificados como juízes certificados de cafés especiais, utilizando-se a metodologia proposta pela Associação Americana de Cafés Especiais, ou SCAA (Lingle, 2001). Nessa avaliação, foram atribuídas notas, no intervalo de 0 a 10 pontos, para cada um dos seguintes atributos: fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio e impressão global.

A torra do café foi leve a moderadamente leve, de acordo com o protocolo de análise sensorial da SCAA, cuja coloração deve corresponder a 58 pontos da escala Agtron, para o grão inteiro e 63 pontos para o grão moído, com tolerância de ± 1 ponto. Foram torrados 100g de grãos de cada amostra, sendo a torração realizada dentro do prazo máximo de 24 horas antes da degustação e o ponto de torra determinado visualmente, utilizando um sistema de classificação de cor por meio de discos padronizados (SCAA/Agtron Roast Color Classification System). Durante a torração, fatores que afetam o ponto de torra, como temperatura e tempo de torra, foram monitorados por termômetros e cronômetros, respectivamente, respeitando-se a faixa de tempo entre 8 minutos e 12 minutos.

Em cada avaliação, foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada genótipo, realizando-se uma sessão de análise sensorial

para cada repetição, totalizando três repetições. Cada ambiente foi avaliado separadamente e os resultados da avaliação sensorial foram estabelecidos a partir de uma escala que representa os níveis de qualidade com intervalos de 0,25 pontos, conforme a escala de pontuação apresentada na Tabela 3.

TABELA 3 Classes de qualidade e valores mínimos, intermediários e máximos atribuídos a cada atributo.

Bom	Muito bom	Excelente	Excepcional
6,00	7,00	8,00	9,00
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

A faixa inferior da escala, não apresentada e que se situa entre 2 (dois) e 6 (seis), é aplicável aos cafés comerciais cujo foco de avaliação são os defeitos da bebida e suas intensidades. Para a avaliação de cafés especiais, a nota mínima deve ser de 7 pontos para cada atributo, dentro da classe “muito bom”, pois, abaixo disso, dificilmente serão obtidas notas globais acima de 80 pontos. Os resultados finais da avaliação sensorial foram expressos de acordo com a escala de classificação da SCAA, apresentada na Tabela 4.

TABELA 4 Escala de classificação para análise sensorial de cafés especiais, conforme o protocolo da SCAA.

Pontuação total	Descrição especial	Classificação
95-100	Exemplar	Especialidade <i>super premium</i>
90-94	Excepcional	Especialidade <i>premium</i>
85-89	Excelente	Especialidade
80-84	Muito bom	Especial
75-79	Bom	Qualidade boa normal
70-74	Fraco	Qualidade média
60-70		Nota exchange
50-60		Comercial
40-50		Nota baixa
<40		Sem nota

3.6 Análises químicas - ácidos clorogênicos, cafeína e trigonelina

Para realizar as análises químicas, os grãos crus foram moídos, em moinho analítico Ika Modelo A11 BASIC, em presença de, aproximadamente, 10 ml de nitrogênio líquido, visando facilitar o processo de moagem.

Para a extração dos compostos, 100 mg de café cru moído foram colocados em tubo de ensaio de 2x12 cm, com tampa de rosca e misturados com 5 ml de metanol para HPLC a 70%, preparado em água ultrapura 18,2 MΩ. Os tubos foram tampados à meia rosca e colocados em banho de água, a 60°C, durante 1 hora, com agitação a cada 10 minutos. Após centrifugação por 10 minutos, a 12.000 rpm, em tubo eppendorf de 1,5 ml, a solução sobrenadante foi diluída a 1:10, com água ultrapura. Após filtração em membrana de 0,20 μm, 20 μl das amostras foram injetados no cromatógrafo. As extrações foram feitas em duplicatas para cada uma das três repetições. As concentrações de cafeína,

trigonelina e ácidos clorogênicos foram determinadas simultaneamente, utilizando-se cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE, HPLC). Para isso, o sistema operou com válvula de injeção Rheodyne modelo 77251 com loop fixo de 20 µl e processador da marca Shimadzu. Foi utilizada coluna de fase reversa C18 Shim-pack CLC-ODS (M), da marca Shimadzu, de 4,6 x 250 mm e 5µm de diâmetro de partícula, com pré-coluna de 4µm. A eluição foi isocrática com fase móvel composta por metanol:ácido acético:água (30:0,5:69,5;v:v:v), vazão de 1 ml/minuto, a 22°C. A concentração dos compostos foi determinada pela relação entre as áreas dos picos de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico da amostra e a dos respectivos padrões de concentrações conhecidas. Os teores finais de cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos foram dados em porcentagem de matéria seca (% m.s).

3.7 Parâmetros climáticos

Os parâmetros climáticos de temperatura do ar e precipitação foram monitorados continuamente, por meio de estações meteorológicas automáticas instaladas próximas das áreas de estudos. Uma síntese das características edafoclimáticas referentes a cada altitude (ambiente) é apresentada na Tabela 5.

TABELA 5 Características edafoclimáticas de cada ambiente/altitude.

Ambiente/altitude	Tipo de solo	Temperatura média anual	Precipitação média anual
Lavras/950 m	Latossolo Vermelho de textura argilosa	20,4°C	1.460 mm
São Sebastião da Grama/1.300 m	Latossolo Amarelo de textura média	20°C	1.560 mm
Santo Antônio do Amparo/1.050 m	Latossolo Vermelho de textura argilosa	19,9°C	1.700 mm

3.8 Delineamento experimental

Foram avaliados quatorze genótipos de café arábica, em três ambientes de produção.

Os três experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com três repetições em campo e parcelas constituídas por dez plantas.

3.9 Análises estatísticas

Para verificar a necessidade de as análises químicas serem realizadas conjuntamente ou não com a análise sensorial, utilizou-se análise de clusters hierárquica por variáveis. Os resultados destas análises foram ilustrados nos dendrogramas e interpretados conforme o grau de similaridade superior a 70%.

Os resultados dos teores de ácidos clorogênicos, cafeína e trigonelina e das pontuações finais obtidas na análise sensorial foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando diferenças significativas no teste F foram detectadas, o teste de Scott-Knott foi aplicado, a 5% de significância, utilizando-se o programa SISVAR[®] (Ferreira, 2000).

3.10 Análise de componentes principais

Para o estudo das correlações dos atributos sensoriais fragrância, sabor, acidez, corpo, equilíbrio e pontuação final, foram realizadas análises de correlação e de componentes principais (PCA) em conjunto com a técnica de Biplots.

Os coeficientes estimados para cada componente foram obtidos por meio de matriz de correlação dos grupos de atributos sensoriais inerente a cada ambiente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a obtenção das amostras, estimou-se a matriz de correlação (Tabela 6), com o propósito de identificar quais atributos sensoriais apresentavam maior correlação entre si, permitindo, de tal forma, em uma análise preliminar, identificar quais variáveis poderiam ser eliminadas.

TABELA 6 Matriz de correlação dos atributos sensoriais.

	Fragrância	Sabor	Acidez	Corpo	Finalização	Equilíbrio	Impressão global
Sabor	0,748						
Acidez	0,621	0,713					
Corpo	0,440	0,524	0,515				
Finalização	0,612	0,761	0,704	0,387			
Equilíbrio	0,596	0,713	0,698	0,465	0,786		
Impressão global	0,701	0,841	0,793	0,489	0,805	0,763	
Pontuação final	0,819	0,915	0,854	0,616	0,870	0,851	0,927

Observa-se que os atributos impressão global e finalização apresentaram alta correlação com a variável resposta pontuação final, iguais a 0,92 e 0,87, respectivamente (Tabela 6). Diante disso apenas os atributos fragrância, sabor, acidez, corpo, equilíbrio e pontuação final foram utilizados nas análises.

As Figuras 3, 4 e 5 referem-se aos dendrogramas relativos à similaridade dos atributos sensoriais (fragrância, sabor, pontuação final, equilíbrio, acidez e corpo) com as análises químicas (trigonelina, cafeína e CGA), relativas aos ambientes Lavras, São Sebastião da Gramma e Santo Antônio do Amparo, respectivamente.

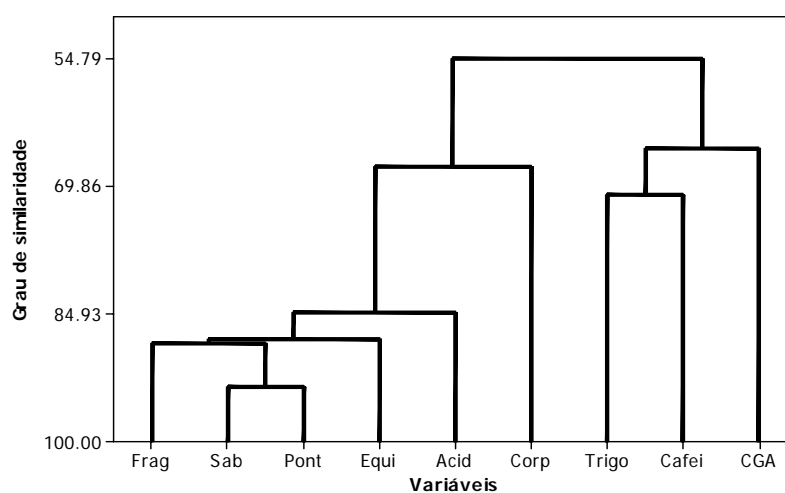


FIGURA 3 Dendrograma relativo à similaridade de atributos sensoriais e análises químicas dos cafés referentes ao ambiente Lavras.

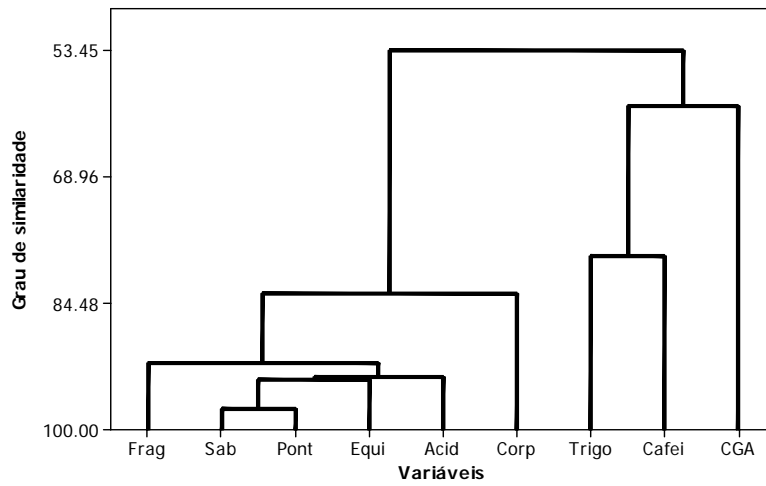


FIGURA 4 Dendrograma relativo à similaridade de atributos sensoriais e análises químicas dos cafés referentes ao ambiente São Sebastião da Gramma.

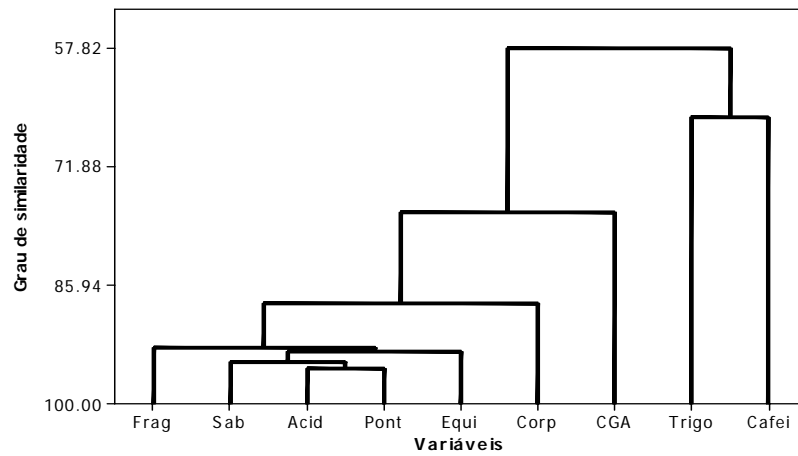


FIGURA 5 Dendrograma relativo à similaridade de atributos sensoriais e análises químicas dos cafés referentes ao ambiente Santo Antônio do Amparo.

Observa-se que, dentre os atributos sensoriais, o corpo foi o que apresentou menor similaridade com os demais, especialmente em Lavras (Figura

3), onde apresentou grau similaridade inferior a 69,86% em relação aos demais atributos sensoriais. A análise de correlação apresentada na Tabela 6 confirma a baixa correlação do atributo corpo em relação aos demais.

A baixa similaridade do atributo corpo em relação aos demais o destaca dos outros atributos sensoriais de maneira expressiva, o que, de certa forma, pode ter sido um parâmetro de diferenciação sensorial entre os genótipos. O fato desse atributo se destacar dos demais nos três ambientes estudados e, ao mesmo tempo, com similaridade distinta em cada ambiente, evidencia a influência do ambiente sobre as características sensoriais.

Outro resultado a ser considerado refere-se ao fato de que, nos três ambientes analisados, os atributos sensoriais se agruparam de forma distinta dos atributos químicos, o que justifica a análise em separado dos resultados sensoriais e químicos para este trabalho.

4.1 Análises químicas

Os valores médios dos teores de trigonelina, ácidos clorogênicos (CGA) e cafeína, expressos em porcentagem de matéria seca (% m.s), dos quatorze genótipos das altitudes de 950 m (Lavras), 1.300 m (São Sebastião da Grama) e 1.050 (Santo Antônio do Amparo) encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7 Valores médios dos teores de trigonelina (Trig), ácidos clorogênicos (CGA) e cafeína (Caf) (% m.s) dos 14 genótipos de café referentes às diferentes altitudes.

GENÓTIPOS / LOCAL DE ORIGEM	Altitudes*								
	950m			1300m			1050m		
	Trig.	CGA	Caf.	Trig.	CGA	Caf.	Trig.	CGA	Caf.
Bourbon Amarelo/Epamig – Machado	0,96	6,21	1,10	1,05	6,14	1,23	1,09	6,66	1,20
Mundo Novo IAC 502/9/Epamig – Machado	0,91	5,16	1,10	1,05	5,92	1,23	1,06	6,04	1,23
Catuai Vermelho IAC 144/Epamig – Machado	0,93	5,80	1,19	1,11	6,06	1,37	1,07	6,28	1,20
Icatu Precoce IAC 3282/Procafé – Varginha	1,00	5,86	1,29	1,08	5,70	1,39	1,11	6,08	1,19
Bourbon Amarelo/Procafé – Varginha	0,93	5,90	1,10	1,06	5,96	1,26	0,99	6,34	1,16
Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	0,93	6,14	1,14	1,08	6,16	1,19	1,02	6,49	1,14
Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	0,95	5,58	1,16	1,02	5,86	1,23	1,04	5,78	1,18
Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	0,89	5,84	1,12	1,08	5,98	1,26	0,98	5,93	1,07
Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	0,90	6,05	1,09	1,04	5,89	1,22	1,00	6,09	1,14
Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	0,96	5,88	1,10	1,19	5,72	1,28	1,02	5,79	1,06
Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	0,89	6,02	1,12	1,00	5,76	1,18	1,06	6,46	1,16
Bourbon Amarelo/Faz. Paixão – Carmo de Minas	0,88	5,67	1,16	1,01	5,77	1,20	1,08	6,30	1,12
Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	0,83	5,58	1,18	0,92	5,53	1,22	0,91	5,58	1,15
Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	0,91	5,72	1,15	1,13	5,47	1,31	1,03	6,48	1,18

*Altitudes de 950 m (Lavras), 1.300 m (São Sebastião da Gramma) e 1.050 m (Santo Antônio do Amparo).

Observa-se, na análise de variância (Anexo 1A), diferença significativa na variável trigonelina para a interação genótipo \times altitude. O desdobramento da interação é apresentado na Tabela 8.

Os quatorze genótipos localizados em Lavras (altitude 950 m) não diferiram entre si, pelo teste Scott-Knott (5% de significância), mas pode-se observar menor valor médio, igual a 0,83 (% m.s), para o genótipo Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre/Alfenas. Entretanto, para os genótipos localizados em São Sebastião da Gramma (altitude 1.300 m), houve diferença significativa, tendo sido também o Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre - Alfenas o que apresentou menor valor médio de trigonelina, igual a 0,92 (% m.s). Nesse ambiente, o genótipo Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo - Oliveira foi o que apresentou maior valor médio, igual a 1,19 (% m.s.).

Em Santo Antônio do Amparo (altitude 1.050 m), os valores médios de trigonelina dos genótipos também diferiram entre si, tendo o Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre/Alfenas sido o que apresentou menor valor médio, igual a 0,89 (% m.s.). Nesse ambiente, os genótipos Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo, Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos, Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas, Mundo Novo IAC 502/9/testemunha/Epamig - Machado, Catuaí Vermelho IAC 144/testemunha/Procafé - Varginha, Bourbon Amarelo/Faz. Paixão - Carmo de Minas, Bourbon Amarelo/Epamig - Machado e Icatu Precoce IAC 3282/testemunha/Procafé - Varginha foram os que apresentaram maiores valores médios, não diferindo entre si.

TABELA 8 Valores médios dos teores de trigonelina (% m.s) resultantes da interação entre genótipos e altitudes*.

GENÓTIPOS / LOCAL DE ORIGEM	Altitudes			Média
	950m	1300m	1050m	
Bourbon Amarelo/Epamig – Machado	0,96 aA	1,05 bB	1,09 cB	1,03 c
Mundo Novo IAC 502/9/Epamig – Machado	0,92 aA	1,05 bB	1,06 cB	1,01 b
Catuai Vermelho IAC 144/Epamig – Machado	0,92 aA	1,12 cB	1,07 cB	1,04 c
Icatu Precoce IAC 3282/Procafé – Varginha	0,99 aA	1,08 cB	1,11 cB	1,06 c
Bourbon Amarelo/Procafé – Varginha	0,93 aA	1,06 bB	0,99 bA	0,99 b
Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	0,92 aA	1,08 cB	1,02 bB	1,01 b
Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	0,95 aA	1,03 bB	1,04 cB	1,01 b
Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	0,89 aA	1,08 cC	0,99 bB	0,98 b
Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	0,91 aA	1,04 bB	1,00 bB	0,98 b
Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	0,96 aA	1,19 dB	1,02 bA	1,05 c
Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	0,89 aA	1,00 bB	1,06 cB	0,98 b
Bourbon Amarelo/Faz. Paixão – Carmo de Minas	0,88 aA	1,01 bB	1,08 cC	0,99 b
Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	0,83 aA	0,92 aB	0,91 aB	0,89 a
Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	0,91 aA	1,13 cC	1,03 cB	1,02 c
Média	0,92A	1,06C	1,03B	

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott (5% de significância). *Altitudes de 950 m (Lavras), 1.300 m (São Sebastião da Gramma) e 1.050 m (Santo Antônio do Amparo).

Analisando-se cada genótipo nos três diferentes ambientes, verifica-se que existe diferença significativa no teor de trigonelina entre os ambientes para todos eles, exceto para o Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre - Alfenas. Os genótipos, quando plantados em Lavras (altitude 950 m), apresentaram menores valores médios de trigonelina comparativamente aos demais ambientes que, de modo geral, não diferiram entre si. No entanto, observa-se que houve diferença significativa entre as médias finais de trigonelina dos três ambientes, mostrando tendência de os maiores valores de trigonelina encontrarem-se em genótipos plantados em São Sebastião da Grama (altitude 1300m).

O teor de trigonelina em sementes de cafeeiros varia sensivelmente entre as diferentes espécies do gênero *Coffea* (De Maria et al., 1999). No entanto, entre os genótipos de *C. arabica* avaliados dentro da mesma localidade, as diferenças na concentração desse alcaloide foram bastante reduzidas, sugerindo não ser bom parâmetro de discriminação entre os genótipos dessa espécie, inclusive em Lavras, onde observa-se, pelos resultados, que os genótipos não diferiram entre si, a 5% de probabilidade.

Os teores de trigonelina encontrados corroboram os encontrados na literatura, em que o índice trigonelina para *C. arabica* varia de 0,79% a 1,06% DBM (Stennert & Maier, 1994), 0,88% a 1,77% DMB (Ky et al., 2001), 1% a 1,94% DMB (Martin et al., 1998) e 1,52% para 2,9% DMB (Mazzafera, 1991).

Neste estudo, as melhores notas na pontuação final da análise sensorial foram de São Sebastião de Grama (Anexo 3A). Observa-se que, nesse ambiente, o teor de trigonelina foi maior e diferente estatisticamente dos demais ambientes. Tais resultados corroboram os de Ky et al. (2001) e Farah et al. (2006a), que relatam que os níveis de trigonelina são maiores para os cafés com melhor qualidade de bebida. Existem indícios de que o teor de trigonelina está relacionado com a altitude, em que maiores altitudes estariam relacionadas com

maiores teores de trigonelina e melhor qualidade do café. Isso, possivelmente, justifica os maiores teores de trigonelina encontrados nos cafés produzidos em São Sebastião da Gramma, visto que esse local está a uma altitude superior à dos demais, igual a 1.300 m. Silva et al. (2006) também relatam que maiores altitudes possibilitam a produção de cafés de melhor qualidade.

De modo geral, o genótipo Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre - Alfenas foi o que mais se distinguiu, uma vez que apresentou o menor teor de trigonelina nos três ambientes estudados.

A interação genótipo \times altitude não foi significativa para a variável ácidos clorogênicos, de acordo com os resultados da análise de variância (Anexo 2A). Observa-se, ainda, que houve diferença significativa, a 5% de significância, para a variável genótipo, independentemente do ambiente (altitudes) de cultivo e para ambiente (altitudes), independente do genótipo estudado. São apresentados, na Tabela 9, os valores médios dos teores de ácidos clorogênicos dos quatorze genótipos e, na Tabela 10, os valores médios dos teores de ácidos clorogênicos das três diferentes altitudes.

TABELA 9 Valores médios dos teores de ácidos clorogênicos (% m.s) dos 14 genótipos.

GENÓTIPOS / LOCAL DE ORIGEM	Médias
Bourbon Amarelo/Epamig - Machado	6,34 b
Mundo Novo IAC 502/9/Epamig - Machado	5,71 a
Catuai Vermelho IAC 144/EPAMIG – Machado	6,05 b
Icatu Precoce IAC 3282/PROCAFÉ – Varginha	5,88 a
Bourbon Amarelo/PROCAFÉ – Varginha	6,06 b
Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	6,26 b
Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	5,74 a
Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	5,92 a
Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	6,01 b
Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	5,79 a
Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	6,08 b
Bourbon Amarelo/Faz. Paixão – Carmo de Minas	5,91 a
Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	5,56 a
Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	5,89 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).

Os genótipos que apresentaram maiores valores médios de ácidos clorogênicos foram Bourbon Amarelo/Epamig - Machado, Catuaí Vermelho IAC 144/testemunha/Procafé - Varginha, Bourbon Amarelo/PROCAFÉ - Varginha, Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim - Santo Antônio do Amparo, Bourbon Amarelo/Faz. Toriba - São Sebastião do Paraíso e Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas, não diferindo entre si, a 5% de significância. O menor valor médio de ácidos clorogênicos foi de 5,56 (% m.s) e encontrado no genótipo Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre - Alfenas.

De acordo com os resultados da Tabela 9, observa-se que os genótipos poderiam ser divididos em dois grupos: maiores teores de ácidos clorogênicos, variando de 6,00% a 6,34% m.s e menores teores de ácidos clorogênicos, variando de 5,56% a 5,92% m.s. Tais resultados corroboram os encontrados por Stegen & Duijn (1980) que, utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), encontraram valores de ácidos clorogênicos na faixa de 5,5%-6,5%, para café arábica.

O conteúdo total de CGA varia conforme a espécie e a variedade do café, o grau de maturação, as condições ambientais, as práticas agrícolas, assim como com a técnica de extração e o método de análise (Farah & Donangelo, 2006). Perrone et al. (2008) encontraram teores totais de CGA iguais a 6,3% e 5,5% (base seca), nas cultivares Mundo Novo e Catuaí Vermelho, respectivamente, utilizando método recente descrito por Farah et al. (2006b).

TABELA 10 Valores médios do teor de ácidos clorogênicos (% m.s) das três altitudes.

Altitudes	Médias
950 m (Lavras)	5,81 a
1.300 m (São Sebastião da Gramma)	5,85 a
1.050 m (Santo Antônio do Amparo)	6,16 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).

Santo Antônio do Amparo foi o ambiente que apresentou maior valor médio de ácidos clorogênicos, igual a 6,16 (% m.s.), diferindo dos demais.

Existem indícios da ocorrência de maior concentração de polifenóis em cafés de pior qualidade, o que tem sido atribuído ao estágio de maturação dos frutos, especialmente em razão de elevadas porcentagens de frutos verdes (Carvalho et al., 1987; Pimenta et al., 2000; Pimenta, 2001) e da presença de grãos defeituosos (Pereira, 1997).

A menor pontuação média final da análise sensorial, dos três ambientes (altitudes) estudados (Anexo 3A), foi observada em Santo Antônio do Amparo. Embora não tenha havido diferença estatística, a 5% de probabilidade, entre os ambientes para a variável pontuação final, a localidade Santo Antônio do Amparo foi a única que obteve pontuação inferior a 80 pontos. De acordo com a escala de notas para avaliação sensorial de cafés especiais proposta pela SCAA, os cafés que apresentam notas entre 75 e 79 pontos, embora tenham boa qualidade, são classificados como cafés comuns, não especiais. Já os cafés com notas entre 80 e 84 pontos são considerados muito bons, sendo classificados como cafés especiais (Lingle, 2001). Considerando-se essa escala, verifica-se, no presente estudo, que os cafés produzidos em Santo Antônio do Amparo, de modo geral, situam-se dentro da faixa de variação de cafés com qualidade boa, porém, sem serem especiais e correspondem aos cafés com níveis médios de

GCA mais altos, iguais a 6,16 (% m.s) e estatisticamente distintos dos demais ambientes (Tabela 10).

Segundo Perrone et al. (2008), os ácidos clorogênicos são importantes para o desenvolvimento do “flavor” durante a torração e têm forte influência sobre a adstringência da bebida. Mesmo em baixa concentração, seu impacto na qualidade pode ser significativo, portanto, quanto menor o teor de clorogênicos melhor a qualidade da bebida. Assim, considerando que o critério de seleção dos frutos maduros aplicado nos três ambientes foi o mesmo, acredita-se que outros fatores estejam relacionados com o maior valor médio de CGA, especialmente o efeito de diferentes variáveis ambientais características de cada ambiente e, conseqüentemente, interferindo na qualidade final da bebida dos frutos maduros.

A interação genótipo \times altitude foi significativa (a 5% de significância) para a variável cafeína (Anexo 4A). O desdobramento da interação é apresentado na Tabela 11.

De modo geral, os maiores valores médios de cafeína foram encontrados nos genótipos plantados em São Sebastião da Grama (altitude 1.300 m), diferindo estatisticamente dos demais ambientes, sendo o valor médio de todos os genótipos plantados nesse ambiente igual a 1,25 (% m.s.). Os ambientes Lavras (altitude 950 m) e Santo Antônio do Amparo (altitude 1.050 m) apresentaram os menores valores médios de cafeína e não diferiram entre si.

Observa-se, pelos dados da Tabela 11, que, em São Sebastião da Grama, os maiores teores de cafeína, iguais a 1,37 e 1,39 (% m.s), foram encontrados nas testemunhas Catuaí vermelho IAC 144 e Icatu Precoce IAC 3282, embora esses valores não tenham se diferenciado estatisticamente do valor encontrado no genótipo Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia/Santo Antônio do Amparo. No ambiente Lavras, a testemunha Icatu Precoce IAC 3282 também se diferenciou estatisticamente dos demais genótipos, apresentando o maior valor de cafeína, igual a 1,29 (% m.s). Já a testemunha Catuaí Vermelho IAC 144 não se

diferenciou dos Bourbons, mas obteve o segundo maior valor de cafeína igual a 1,19 (% m.s).

Segundo Malta et al. (2002), diferentes genótipos de cafeeiro podem apresentar diferenças na qualidade e a interação genótipo e ambiente também pode provocar diferenças na composição química e na qualidade do café. Ainda segundo Dal Molin et al. (2008), a variação das condições climáticas interfere na formação e na maturação dos frutos, alterando suas características intrínsecas.

TABELA 11 Valores médios dos teores de cafeína (% m.s) resultantes da interação entre genótipos e altitudes.

GENÓTIPOS / LOCAL DE ORIGEM	Altitudes*			Média
	950m	1300m	1050m	
Bourbon Amarelo/EPAMIG – Machado	1,10 aA	1,23 aB	1,20 aB	1,18 a
Mundo Novo IAC 502/9/EPAMIG – Machado	1,10 aA	1,23 aB	1,23 aB	1,19 a
Catuai Vermelho IAC 144/EPAMIG – Machado	1,19 aA	1,37 bB	1,20 aA	1,25 b
Icatu Precoce IAC 3282/PROCAFÉ – Varginha	1,29 bB	1,39 bC	1,18 aA	1,29 b
Bourbon Amarelo/PROCAFÉ – Varginha	1,10 aA	1,26 aB	1,16 aA	1,17 a
Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	1,14 aA	1,19 aA	1,14 aA	1,16 a
Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	1,16 aA	1,24 aA	1,18 aA	1,19 a
Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	1,12 aA	1,26 aB	1,07 aA	1,15 a
Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	1,09 aA	1,22 aB	1,14 aA	1,15 a
Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	1,10 aA	1,28 aB	1,06 aA	1,15 a
Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	1,12 aA	1,18 aA	1,16 aA	1,15 a
Bourbon Amarelo / Faz. Paixão – Carmo de Minas	1,16 aA	1,19 aA	1,12 aA	1,16 a
Bourbon Trigo / Faz. Monte Alegre – Alfenas	1,18 aA	1,22 aA	1,15 aA	1,18 a
Bourbon Amarelo / Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	1,15 aA	1,30 bB	1,18 aA	1,21 a
Média	1,14 A	1,25 B	1,15 A	

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância). *Altitudes de 950 m (Lavras), 1.300 m (São Sebastião da Gramma) e 1.050 m (Santo Antônio do Amparo).

O conteúdo de cafeína no café cru varia amplamente de uma espécie para outra, sendo possível, também, encontrar variações dentro de uma mesma espécie ou variações relacionadas à utilização de diferentes métodos analíticos. Embora ainda não tenha um efeito direto na determinação da qualidade da bebida do café, Franca et al. (2005) e Farah et al. (2006a) encontraram maiores teores de cafeína em amostras de café arábica de alta qualidade, quando comparadas com outras amostras.

No presente estudo, diante das condições analisadas, nenhuma relação entre o teor de cafeína e a qualidade da bebida do café foi encontrada, embora os resultados encontrados estejam de acordo com a literatura. Valores médios entre 0,9 e 1,3 (% m.s) foram relatados por Streuli (1973) e Clifford (1985), para o café arábica. Farah et al. (2006a) encontraram valores entre 0,96 e 1,23 (% m.s).

4.2 Análise sensorial

Apesar de a análise de variância indicar que não houve diferença significativa na pontuação final para altitude, genótipos e para a interação genótipo \times altitude (Anexo 5A), foi possível verificar o efeito dos tratamentos estudados por meio da análise de componentes principais, no sentido de verificar quais genótipos poderiam ser agrupados e quais atributos sensoriais contribuíram para a formação desse agrupamento.

Embora os resultados do teste F não tenham acusado significância, por interesse prático procedeu-se o desdobramento da interação genótipo \times altitude, como mostrado nos Anexos 6A e 7A. Os resultados dos testes de média da pontuação final para cada altitude estão apresentados nas Tabelas 13, 14 e 15.

4.2.1 Componentes principais dos atributos sensoriais de cada ambiente

A análise de componente principais (PCA) foi empregada para interpretar os resultados da análise sensorial das amostras de 14 genótipos de

café cultivadas nos três ambientes. As variáveis medidas foram: fragrância, sabor, acidez, corpo, equilíbrio e pontuação final.

As equações dos componentes principais para cada ambiente foram estimadas de acordo com cada coeficiente apresentado na Tabela 12. O coeficiente de maior grandeza numérica para a primeira componente foi a pontuação final e o de menor o corpo, em todos os ambientes analisados.

TABELA 12 Componentes principais – matriz de correlação dos atributos sensoriais.

Variável	Ambientes					
	Lavras		São Sebastião da Grama		Santo Antônio do Amparo	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
Fragrância	0,440	-0,070	0,422	-0,095	0,416	0,077
Sabor	0,454	0,053	0,429	0,079	0,391	-0,004
Acidez	0,379	0,026	0,409	0,410	0,407	0,117
Corpo	0,073	-0,967	0,327	-0,865	0,334	-0,505
Equilíbrio	0,408	0,231	0,401	0,259	0,365	-0,245
Pontuação final	0,534	-0,051	0,451	0,039	0,443	-0,071

Os resultados ilustrados nas Figuras 6, 8 e 10 correspondem à plotagem dos escores para os dois primeiros componentes, respectivamente para os ambientes Lavras, São Sebastião da Grama e Santo Antônio do Amparo. Visando avaliar quais atributos sensoriais melhor se correlacionam com os genótipos, foram gerados os biplots representados nas Figuras 7, 9 e 11.

A primeira e a segunda componentes principais explicaram conjuntamente a variabilidade entre os genótipos com relação à nota sensorial em cada ambiente (Figuras 6, 8 e 10).

Os dados de cada genótipo foram representados como a média dos escores, calculados com base nas três repetições; genótipos com similaridades em um ou mais atributos sensoriais se aproximam. Os vetores representativos de cada variável sensorial com direção aos agrupamentos (genótipos) detectados pelos componentes principais indicam quais atributos foram determinantes para a caracterização da nota final (Figuras 7, 9 e 11).

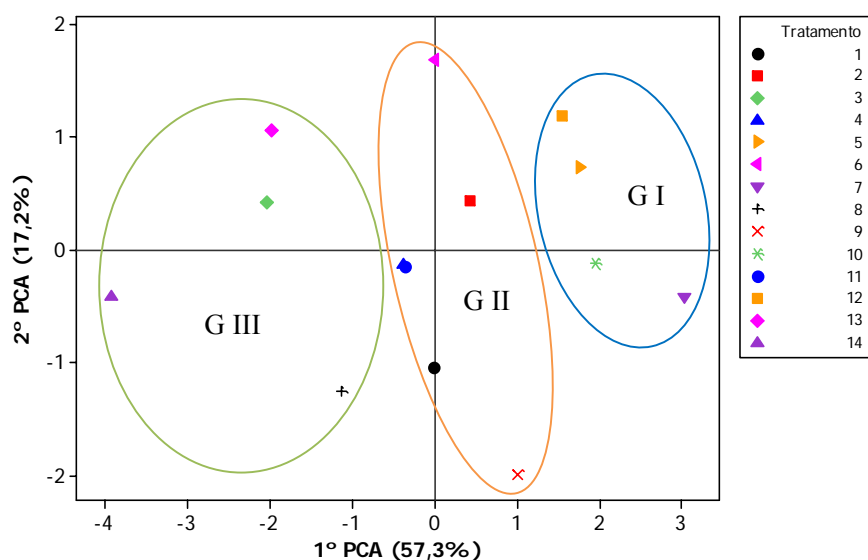


FIGURA 6 Escores dos primeiros componentes principais, referentes ao ambiente Lavras, sendo GI (Grupo I), GII (Grupo II) e GIII (Grupo III).

As duas primeiras componentes principais explicaram 74,5% da variabilidade entre os genótipos, sendo 57,3% da variação explicada pela primeira componente principal e 17,2%, pela segunda componente principal.

A primeira componente principal permitiu discriminar genótipos que se destacaram na avaliação sensorial. Observa-se, na Figura 6, que foram alocados

mais à direita genótipos que, em geral, receberam notas mais altas na avaliação sensorial e foram configurados mais à esquerda genótipos que receberam notas mais baixas. Nota-se, ainda, a possibilidade de formação de um grupo intermediário, resultando, portanto, na formação de três grupos com características sensoriais distintas (Tabela 13). Tal resultado é facilmente observado pela alocação dos genótipos 14 (Bourbon Amarelo (Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo) e 7 (Bourbon Vermelho, Faz. São João Batista - Campos Altos) que receberam, respectivamente, a menor e a maior nota.

Diante disto, verifica-se que os vetores representativos dos atributos equilíbrio, sabor, acidez, pontuação e fragrância (Figura 7) foram determinantes para a caracterização do grupo de melhor qualidade de bebida, composto pelos genótipos 7, 10, 12 e 5. A análise dos vetores também permite caracterizar o genótipo 10 como aquele que apresenta maior corpo.

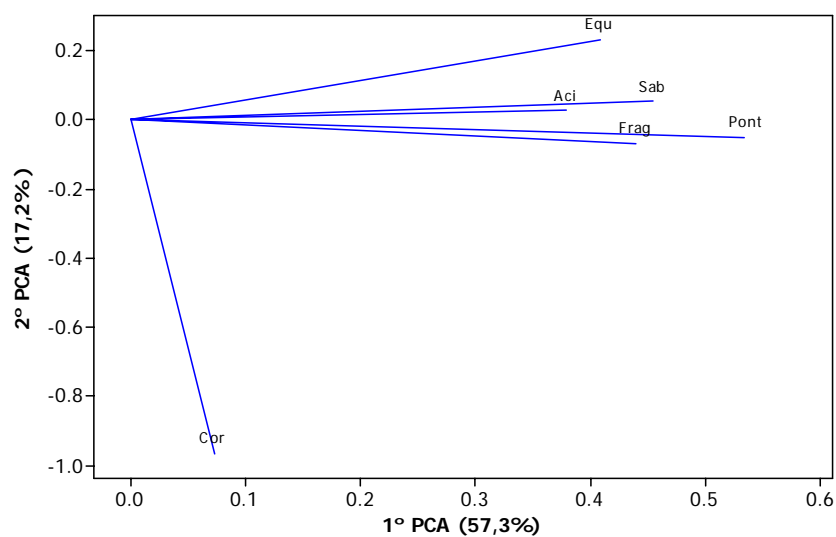


FIGURA 7 Biplot dos atributos sensoriais referentes ao ambiente Lavras, sendo equilíbrio (Equ), sabor (Sab), acidez (Aci), pontuação final (Pont), fragrância (Frag) e corpo (Cor).

TABELA 13 Pontuação média final dos genótipos do ambiente Lavras, considerando os grupos formados na PCA.

	Genótipo/Local de origem	Pontuação Final*
Grupo I	7 Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	81,38 ^a
	10 Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	81,17 ^a
	12 Bourbon Amarelo/Faz. Paixão – Carmo de Minas	81,00 ^a
	5 Bourbon Amarelo/PROCAFÉ – Varginha	80,80 ^a
Grupo II	9 Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	80,75 ^a
	2 Mundo Novo IAC 502/9 /EPAMIG – Machado	80,54 ^a
	1 Bourbon Amarelo/EPAMIG – Machado	80,33 ^a
	4 Icatu Amarelo Precoce IAC 3282/PROCAFÉ – Varginha	80,30 ^a
	11 Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	80,29 ^a
	6 Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	80,21 ^a
Grupo III	8 Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	79,96 ^a
	3 Catuaí vermelho IAC 144/EPAMIG – Machado	79,63 ^a
	13 Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	79,54 ^a
	14 Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	78,96 ^a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).

Observa-se, pelos dados da Tabela 13, que o grupo I destacou-se em relação aos demais por possuir notas com pontuação final próxima ou acima de 81 pontos. Embora esses valores não tenham se diferenciado estatisticamente, de acordo com a escala de notas para a avaliação sensorial de cafés especiais proposta pela SCAA, os cafés que apresentam notas entre 80 e 84 pontos são

classificados como especiais. Já os cafés com notas entre 75 e 79 pontos, embora tenham boa qualidade, são classificados como cafés comuns, não especiais (Lingle, 2001). É importante enfatizar que, do ponto de vista comercial, estas diferenças são extremamente significativas.

Portanto, verifica-se que os genótipos pertencentes ao grupo I apresentam maior potencial para a produção de cafés especiais em Lavras, confirmando, desse modo, o grande potencial dos genótipos Bourbon para a produção de cafés de qualidade superior, uma vez que o grupo I é constituído apenas por genótipos de Bourbon, com destaque para o genótipo Bourbon Vermelho (Faz. São João Batista - Campos Altos). Pereira (2008), trabalhando com características químicas e sensoriais de 21 cultivares de café arábica, também destacou a cultivar Bourbon Vermelho como potencial produtora de cafés especiais, quando processada na forma cereja descascado.

A combinação ou prevalência de determinados atributos resulta em cafés com características sensoriais distintas e, ao mesmo tempo, com qualidade semelhante. Os genótipos 10 e 12 apresentaram alta qualidade sensorial, embora o corpo tenha sido, no genótipo 10, o atributo mais relevante e, no genótipo 12, os atributos equilíbrio e sabor.

As cultivares Mundo Novo IAC 502/9, Catuaí Vermelho IAC 144 e Icatu Precoce IAC 3282, utilizadas neste trabalho como testemunhas, não se diferenciaram de maneira muito expressiva dos genótipos Bourbon. Entretanto, observa-se, pelos dados da Tabela 8, que a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 não obteve pontuação mínima para ser enquadrada na categoria de cafés especiais, o mesmo ocorrendo com os demais genótipos do grupo III, para o ambiente Lavras. Considerando que todos os genótipos foram colhidos e processados de maneira idêntica, confirma-se a grande importância e influência dos cuidados na pós-colheita na determinação da qualidade final do café.

Nesse ambiente, a semelhança entre as cultivares Mundo Novo IAC 502/9 e Icatu Precoce IAC 3282 condiz com relatos encontrados na literatura. Segundo Fazuoli (1986), a qualidade de bebida das cultivares de Icatu assemelha-se à das melhores seleções de Mundo Novo.

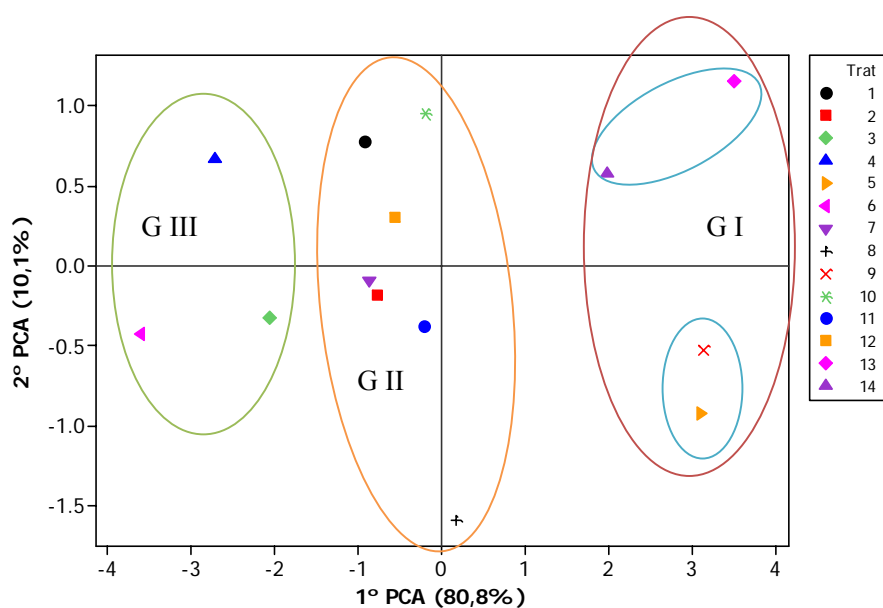


FIGURA 8 Escores dos primeiros componentes principais referentes ao local São Sebastião da Grama, sendo GI (Grupo I), GII (Grupo II) e GIII (Grupo III).

Em São Sebastião da Grama, os dois componentes principais foram utilizados conjuntamente e explicaram 90,9% da variabilidade total observada entre os genótipos.

A primeira componente principal possibilitou separar os genótipos em três grupos em função da correlação positiva ou negativa desses com todos os atributos (Figura 8). Tal fato é comprovado pelos altos coeficientes de

correlação desses atributos com a primeira componente principal (Tabela 12), que explicou 80,8% da variabilidade (Figura 8).

Com relação ao segundo componente principal, observa-se que esse foi responsável pela diferenciação dos genótipos 13 e 14 em relação aos genótipos 9 e 5, subdividindo o grupo I (Figura 8). Os genótipos são caracterizados pelos atributos representados na Figura 9 e pelos vetores que se apresentam mais próximos a eles.

Os genótipos alocados no grupo I foram os que se destacaram sensorialmente, obtendo as maiores notas na pontuação final da análise sensorial (Tabela 14), com notas próximas ou maiores que 82 pontos. Sendo assim, conforme citado por Lingle (2001), esses genótipos são classificados, segundo a SCAA, como cafés especiais.

Observa-se que genótipos pertencentes ao grupo I, no ambiente São Sebastião da Grama, assim como em Lavras, são todos Bourbons. Deve-se ressaltar que, para cada ambiente, foram encontrados genótipos mais promissores, do ponto de vista sensorial, enfatizando o potencial dos genótipos de Bourbon para a produção de cafés com qualidade superior.

Por outro lado, o fato de os melhores genótipos de um determinado local serem diferentes dos melhores genótipos de outro local confirma que a influência do local sobre a qualidade da bebida do café depende da expressão de cada genótipo. Segundo Camargo et al. (1992), a grande variedade de tipos de café no Brasil deve-se ao fato de o cultivo ser realizado em diversas regiões do país, sob as características climáticas de cada local.

De modo geral, os melhores cafés de São Sebastião da Grama obtiveram maiores notas quando comparados com os melhores cafés dos outros ambientes estudados. Segundo Martins et al. (2005), os cafés produzidos nessa região, conhecida como Mogiana Paulista, são classificados, em sua maioria, como

cafés de bebida mole, em virtude de características como temperaturas amenas e acentuada deficiência hídrica na época de maturação e colheita.

Embora os cafés pertencentes ao grupo II também tenham obtido notas acima de 80 pontos, estes se diferenciaram estatisticamente (Tabela 14) dos cafés pertencentes ao grupo I, o que permite classificá-los como cafés especiais, mas com qualidade inferior aos do grupo I.

Observa-se que os genótipos 13 e 14 (subgrupo I) possuem maior acidez, equilíbrio e sabor e os genótipos 5 e 9 (subgrupo II), maior corpo e fragrância. Tal resultado é interessante, pois mostra que a interação de diferentes atributos pode resultar em cafés de qualidade superior com características distintas (Tabela 14).

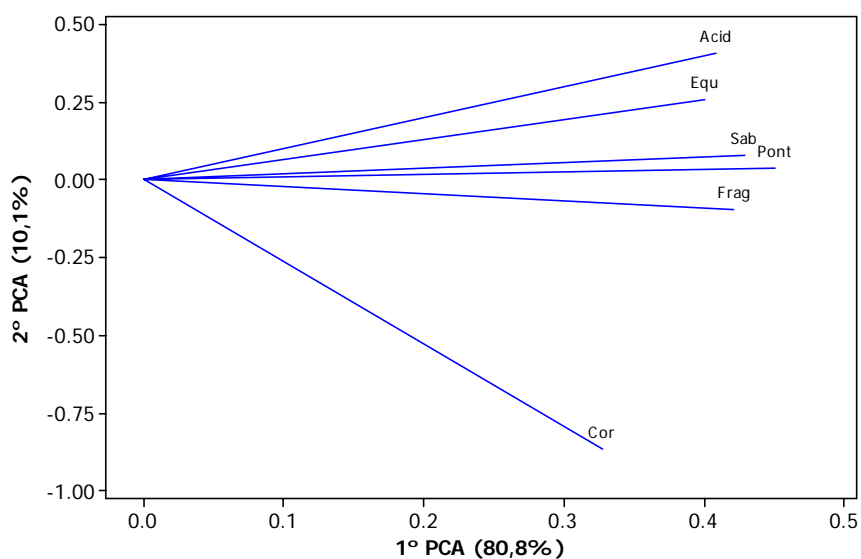


FIGURA 9 Biplot dos atributos sensoriais referentes ao local São Sebastião da Grama, sendo equilíbrio (Equ), sabor (Sab), acidez (Aci), pontuação final (Pont), fragrância (Frag) e corpo (Cor).

TABELA 14 Pontuação média final dos genótipos do ambiente São Sebastião da Grama, considerando os grupos formados na PCA.

		Genótipo/local de origem	Pontuação final*
Grupo I	Subgrupo I	13 Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	82,67 ^b
		14 Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	81,75 ^b
	Subgrupo II	9 Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	82,46 ^b
		5 Bourbon Amarelo/PROCAFÉ – Varginha	82,01 ^b
	Grupo II	11 Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	80,54 ^a
		10 Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	80,50 ^a
		8 Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	80,46 ^a
		2 Mundo Novo IAC 502/9/EPAMIG – Machado	80,13 ^a
		12 Bourbon Amarelo/Faz. Paixão – Carmo de Minas	80,13 ^a
		1 Bourbon Amarelo/EPAMIG – Machado	80,04 ^a
7 Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos		80,04 ^a	
Grupo III	3 Catuaí Vermelho IAC 144/EPAMIG – Machado	79,54 ^a	
	4 Icatu Amarelo Precoce IAC 3282/PROCAFÉ – Varginha	78,69 ^a	
	6 Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	78,63 ^a	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).

Por meio do desdobramento de altitude dentro de genótipos (Anexo 7A) verifica-se que, para o genótipo 13, houve diferença significativa entre as altitudes analisadas para a variável pontuação final da análise sensorial, tendo o ambiente São Sebastião da Grama (altitude 1.300 m) diferido dos demais e

obtido maior nota final igual a 82,67 (Anexo 8A). Desse modo, em São Sebastião da Grama, o genótipo 13 encontrou melhores condições para expressar seu potencial para a bebida, confirmando a importância do ambiente sobre a qualidade sensorial de cafés especiais. Nota-se que, neste ambiente de produção, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 também não apresentou potencial para a produção de cafés especiais, o mesmo ocorrendo com os demais genótipos do grupo III.

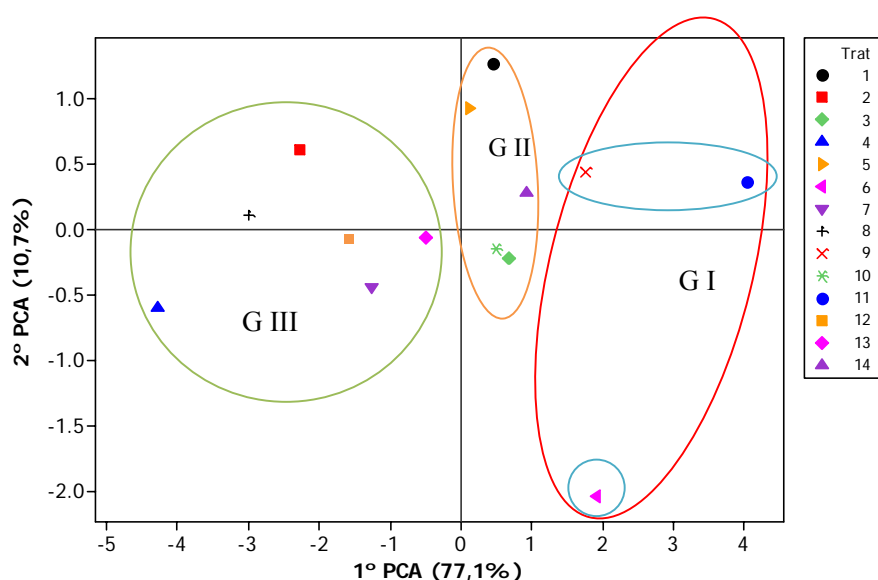


FIGURA 10 Escores dos primeiros componentes principais referentes ao ambiente Santo Antônio do Amparo, sendo GI (Grupo I), GII (Grupo II) e GIII (Grupo III).

Os dois componentes principais foram utilizados conjuntamente e explicaram 87,8% da variabilidade total observada entre os genótipos no ambiente Santo Antônio do Amparo.

Assim como nos outros ambientes, a primeira componente principal possibilitou discriminar os genótipos em três grupos principais, em que os

genótipos do grupo I apresentaram maiores valores dos atributos analisados em relação aos genótipos do grupo III e II, respectivamente (Figura 10). Embora não tenha havido diferença significativa entre os genótipos (Tabela 15), é possível observar que todos os genótipos constituintes dos grupos I e II apresentaram notas iguais ou acima de 80 pontos, enquanto os genótipos constituintes do grupo III apresentaram notas abaixo de 80 pontos.

Os genótipos compreendidos no grupo I e II podem ser classificados como cafés especiais, de alta qualidade e maior valor agregado, e os do grupo I ainda se destacam dos do grupo II, como pode ser observado na análise da primeira componente principal (Figura 10). Os genótipos pertencentes ao grupo III apresentam notas abaixo de 80 pontos, ficando, dessa forma, dentro da faixa de variação de cafés com qualidade boa, porém, não especiais.

A segunda componente principal possibilitou a divisão do grupo I em dois subgrupos (Figura 10). Tal diferenciação é visível pela análise dos vetores associados a cada atributo analisado, como mostrado na Figura 11. Os genótipos 11 e 9 apresentaram maior sabor, fragrância e acidez em relação ao 6, que apresentou maior equilíbrio e corpo. No entanto, é interessante ressaltar que, embora esses genótipos (subgrupo I e II) possuam características sensoriais diferentes, todos receberam notas, na pontuação final, próximas a 81 pontos e não diferiram estatisticamente, a 5% de significância.

Tais resultados comprovam a necessidade de se avaliar a pontuação obtida para cada atributo sensorial, pois assim é possível determinar diferentes características entre os genótipos, mesmo que estes tenham a mesma nota final. Tais diferenças podem ser detectadas com metodologias padronizadas, como a adotada pela SCAA para a avaliação de cafés especiais, uma vez que essa metodologia preconiza a utilização de procedimentos que incluem avaliações objetivas, como presença ou ausência de doçura e defeitos, bem como atribuição de pontuação para diversos atributos sensoriais, minimizando, assim, a

subjetividade de outras metodologias (Alves, 2007; Lingle, 1993; Leloup et al., 2004).

Mais uma vez percebe-se que os melhores cafés de um ambiente distinguem-se dos melhores cafés de outros ambientes, embora, como observado em Lavras e em São Sebastião da Grama, os genótipos que mais se destacaram em Santo Antônio do Amparo, sejam Bourbons.

Em São Sebastião da Grama, o genótipo 6, pertencente ao grupo III, foi o que apresentou menor nota na pontuação final da análise sensorial. Entretanto, esse mesmo genótipo, em Santo Antônio do Amparo, enquadrou-se no grupo I, obtendo uma das maiores notas na avaliação sensorial, fato este explicado pela interação genótipo \times ambiente.

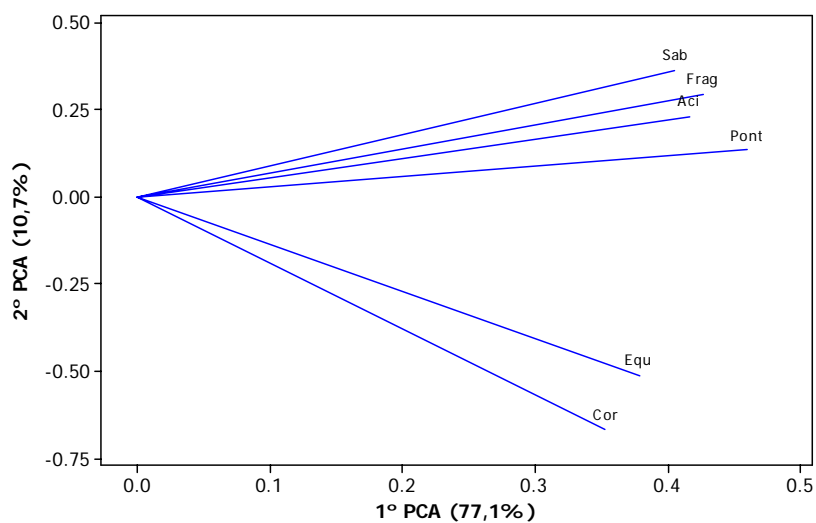


FIGURA 11 Biplot dos atributos sensoriais referentes ao local Santo Antônio do Amparo, sendo equilíbrio (Equ), sabor (Sab), acidez (Aci), pontuação final (Pont), fragrância (Frag) e corpo (Cor).

TABELA 15 Pontuação média final dos genótipos do ambiente Santo Antônio do Amparo, considerando os grupos formados na PCA.

		Genótipo/local de origem	Pontuação final*
Grupo I	Subgrupo I	11 Bourbon Amarelo/Aluizio Castro - Carmo de Minas	81,71 ^a
		9 Bourbon Amarelo/Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso	80,75 ^a
	Subgrupo II	6 Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	80,38 ^a
Grupo II		14 Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	80,13 ^a
		3 Catuaí vermelho IAC 144/EPAMIG – Machado	80,09 ^a
		1 Bourbon Amarelo/EPAMIG – Machado	80,05 ^a
		5 Bourbon Amarelo/PROCAFÉ – Varginha	80,00 ^a
		10 Bourbon Amarelo LCJ 10/Faz. São Paulo – Oliveira	80,00 ^a
Grupo III		13 Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	79,67 ^a
		7 Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	79,33 ^a
		12 Bourbon Amarelo/Faz. Paixão – Carmo de Minas	79,19 ^a
		2 Mundo Novo IAC 502/9/EPAMIG – Machado	79,17 ^a
		8 Bourbon Amarelo LCJ 9/IAC – Campinas	78,63 ^a
		4 Icatu Amarelo Precoce IAC 3282/PROCAFÉ – Varginha	78,00 ^a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).

Visto que maiores altitudes possibilitam a produção de cafés de melhor qualidade (Silva et al., 2006), espera-se que no ambiente São Sebastião da Grama (altitude 1300m) os genótipos encontrem melhores condições para expressar sua qualidade quando comparado aos demais ambientes. Sendo assim, os genótipos Bourbon Amarelo (PROCAFÉ – Varginha) e Bourbon Amarelo (Faz. Toriba – São Sebastião do Paraíso) se destacam, visto que estes apresentaram alta qualidade de bebida em ambiente favorável à qualidade (São Sebastião da Grama) e quando analisados em ambientes menos favoráveis à qualidade, Lavras e Santo Antônio do Amparo, estes foram responsivos a condição ambiente apresentando estabilidade para a bebida.

Por outro lado, o genótipo Bourbon trigo (Faz. Monte Alegre – Alfenas) foi o que apresentou maior pontuação na avaliação sensorial no ambiente São Sebastião da Grama, favorável à qualidade, e não se expressou nos outros dois ambientes menos favoráveis, justificando estudos futuros desse genótipo.

Na Tabela 16 encontram-se alguns comentários sobre os genótipos que se destacaram positiva e negativamente nos três ambientes, relatados pelos provadores, durante a análise sensorial.

Observa-se que, de modo geral, os cafés que obtiveram menores pontuações na avaliação sensorial apresentaram nuances características de borracha.

Segundo dados da literatura, a piridina é um dos responsáveis pelo odor desagradável do café torrado velho (Silvetz & Desrosier, 1979), sendo a 2,3-dimetil-piridina responsável por um odor relacionado ao de borracha e de matéria queimada. Já foram identificadas cerca de 12 piridinas no café torrado. Esses compostos podem ser gerados por degradação térmica da trigonelina, por pirólise de aminoácidos, por degradação de Strecker ou, ainda, via reação de Maillard (De Maria et al., 1999).

Os genótipos que se destacaram positivamente na análise sensorial apresentaram notas características de bebidas de qualidade superior, como floral, frutado, caramelo e chocolate.

TABELA 16 Observações dos provadores sobre os genótipos na avaliação sensorial.

Localidades		Genótipo/local de origem	Observações
Lavras	Maior nota	Bourbon Vermelho/Faz. São João Batista - Campos Altos	Frutado, floral, caramelo.
	Menor nota	Bourbon Amarelo/Faz. Samambaia - Santo Antônio do Amparo	Borracha, leve adstringência, normal.
São Sebastião da Grama	Maior nota	Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre – Alfenas	Chocolate, caramelo, mel, frutas vermelhas.
	Menor nota	Bourbon Amarelo/Faz. Bom Jardim – Santo Antônio do Amparo	Borracha, castanha, herbáceo.
Santo Antônio do Amparo	Maior nota	Bourbon Amarelo/Aluízio Castro - Carmo de Minas	Frutas amarelas, frutas silvestres, mel, herbáceo.
	Menor nota	Icatu precoce IAC 3282/PROCAFÉ – Varginha	Borracha, chocolate comum, garapa.

5 CONCLUSÕES

- São Sebastião da Grama foi o ambiente que apresentou maior teor de trigonelina e de cafeína e maior aptidão para a produção de cafés especiais.
- Santo Antônio do Amparo foi o ambiente que apresentou maior teor de ácidos clorogênicos e menor pontuação média final na análise sensorial.
- O genótipo Bourbon Trigo/Faz. Monte Alegre -Alfenas foi o que mais se diferenciou dos demais, em todos os ambientes, quanto ao teor de trigonelina e ácidos clorogênicos.
- Os genótipos de Bourbon apresentaram maior potencial para a produção de cafés especiais em relação às testemunhas, em todos os ambientes analisados.
- Os genótipos/locais de cultivo, Bourbon Vermelho/Fazenda São João Batista - Campos Altos, Bourbon Trigo/Fazenda Monte Alegre - Alfenas e Bourbon Amarelo/Aluízio de Castro - Carmo de Minas foram os que apresentaram maior potencial para a produção de cafés especiais nos ambientes Lavras, São Sebastião da Grama e Santo Antônio do Amparo, respectivamente.
- A cultivar Mundo Novo IAC 502/9 apresentou potencial para produção de cafés especiais em dois ambientes e as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Icatu Precoce IAC 3282, apenas em um local, sendo todos com qualidade inferior aos genótipos de Bourbon.
- Foram identificadas nuances de sabor e aroma associados a perfis sensoriais predominantemente florais, frutados, caramelados e achocolatados, altamente valorizados no mercado de cafés especiais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. T. E.; FAZUOLI, L. C.; SALVA, T. J. G.; FAVARIN, J. L. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.

ALVES, M. Metodologia tradicional de avaliação de qualidade de café vs. métodos eletrônicos alternativos. In: SALVA, T. de J. G.; GUERREIRO FILHO, O.; THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C. (Ed.). **Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 389-410.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CAFÉ. **O café brasileiro na atualidade**. 2009. Disponível em: <http://www.abic.com.br/scafe_historia.html#topo>. Acesso em: 15 jan. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Cresce consumo de cafés especiais no Brasil**. 2008. Disponível em: <http://www.bsca.com.br/news.php?lang=pt-BR&an_id=496>. Acesso em: 22 dez. 2009.

BARCA, A. A. L. **Classificação do café**. Lavras: UFLA, 1998. 70 p. Notas do curso de tutoria a distância.

BARONE, J. J.; ROBERTS, H. R. Caffeine consumption. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 119-129, 1996.

BORÉM, F. M.; CORADI, P. C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J. A. Quality of natural and washed coffee after drying on ground and with high temperature. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.

BORÉM, F. M. Processamento do café. In: _____ (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 127-158.

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

BRANDO, C. H. J. Harvesting and green coffee processing. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). **Coffee: growing, processing, sustainable production**. Wiley: VCH, 2004. p. 605-714.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 08, de 11 de junho de 2003**. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Ministério de Estado, Interino da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/clarpar/pdf/cafefenef008_03.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2009.

BYTOF, G.; KNOPP, S. E.; SCHIEBERLE, P.; TEUTSCH, I.; SELMAR, D. Influence of processing on the generation of g-aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 220, n. 3, p. 245-251, 2005.

CAMARGO, A. P.; SANTINATO, R.; CORTEZ, J. G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Arábica do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 19., 1992, Araxá. **Anais...** Varginha: Ed. Bom Pastor, 1992. p. 70-74.

CARVALHO, A.; ANTUNES FILHO, H.; MENDES, J. E. T.; LAZZARINI, W.; REIS, A. J.; ALOISI SOBRINHO, J.; MORAES, M. V. de; NOGUEIRA, P. K.; ROCHA, T. R. da. Melhoramento do cafeeiro: XIII. café bourbon amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. 28, p. 411-454, 1957.

CARVALHO, A.; GARRUTTI, R. S.; TEIXEIRA, A. A.; PUPO, L. M.; MONACO, L. C. Ocorrência dos principais defeitos do café em várias fases de maturação dos frutos. **Bragantia**, Campinas, v. 29, n. 20, p. 207-220, 1970.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M.; CHAGAS, S. J. R. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987, Campinas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1987. p. 25-26.

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

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

CORTEZ, J. G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 27-31, 1997.

DAL MOLIN, R. N.; ANDREOTTI, M.; REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E.; BRAGA, G. C.; SCHOLZ, M. B. S. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353-358, 2008.

DART, S. K.; NURSTEN, H. E. Volatile components. In: MACRAE, R.; CLARKE, R. J. (Ed.). **Coffee chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1985. v. 1.

DECAZY, F.; AVELINO, J.; GUYOT, B.; PERRIOT, J. I.; PINEDA, C.; CILAS, C. Quality of different Honduran coffees in relation to several environments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2003.

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

DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C.; AQUINO NETO, F. R.; MOREIRA, R. F. A.; ALVIANO, C. S. Composition of green coffee water-soluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. **Food Chemistry**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 203-207, 1996.

DE MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C.; MOREIRA, R. S. A.; PETRACCO, M. Simultaneous determination of total chlorogenic acids, trigonelline and caffeine in green coffee samples by high performance gel filtration chromatography. **Food Chemistry**, Oxford, v. 52, n. 4, p. 447-449, 1995.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 23-36, 2006.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006a.

FARAH, A.; PAULIS, T. de; MOREIRA, D. P.; TRUGO, L. C.; MARTIN, P. R. Chlorogenic acids and lactones in regular and water-decaffeinated arabica coffees. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, p. 374-381, 2006b.

FAZUOLI, C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 87-113.

FELDMAN, J. R.; RYDER, W. S.; KUNG, J. T. Importance of non volatile compounds to the flavor of coffee. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 17, n. 6, p. 733-739, 1969.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT- Food Science and Technology**, Oxford, v. 38, n. 7, p. 709-715, 2005.

GUERREIRO FILHO, O.; FAZUOLI, L. C.; AGUIAR, A. T. E. Cultivares de *Coffea arabica* selecionadas pelo IAC: características botânicas, tecnológicas, agrônomicas e descritores mínimos. **O Agrônômico**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 34-37, 2006.

GUYOT, B.; GUEULE, D.; MANEZ, J. C.; PERRIOT, J. J.; GIRON, J.; VILAIN, J. Influence de l'altitude et de l'ombrage des cafés Arabica. **Plantations Recherche, Développement**, Versalhes, v. 3, n. 4, p. 272-280, 1996.

HOMMA, S. Chemistry II: non-volatile compounds, part II. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. (Ed.). **Coffee recent developments**. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 50-67.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic, 1995. 253 p.

ILLY, E. A. A saborosa complexidade do café. **Scientific American**, New York, v. 286, n. 6, p. 48-53, June 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee**: determination of loss mass at 105°C, ISO 6673:2003. Geneva, 1999.

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **Food Research Technology**, Mysore, v. 223, p. 195-201, Dec. 2006.

KOBAYASHI, E. S.; SAKAI, E.; SILVA, E. A. da; PIRES, R. C. M. Condições ambientais e o manejo da irrigação influenciando a qualidade do café. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 30-32, 2007.

KY, C. L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; GUYOT, B.; HAMON, S.; NOIROT, M. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild coffee arabica L. and C. canephora P. accessions. **Food Chemistry**, Oxford, v. 75, n. 2, p. 223-230, 2001.

LELOUP, V.; GANCEL, C.; LIARDON, R.; RYTZ, A.; PITHON, A. Coffee. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore, India. **Proceedings...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

LINGLE, T. R. **The basics of cupping coffee**. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 1993. 43 p.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 3. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2001. 47 p.

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

MACRAE, R. **Nitrogenous compounds**. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, 1985. cap. 4, p. 115-152.

MALTA, M. R.; SANTOS, M. L.; SILVA, F. A. M. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1385-1390, 2002.

MARTIN, M. J.; PABLOS, F.; GONZALES, A. G. Discrimination between arabica and robusta green coffee varieties according to their chemical composition. **Talanta**, Bélgica, v. 46, n. 1, p. 1259-1264, 1998.

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

MATIELLO, J. B. Processamento, classificação, industrialização e consumo de café. In: _____. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. p. 272-319.

MAZZAFERA, P. Trigonelline in coffee. **Phytochemistry**, Oxford, v. 30, n. 7, p. 2309-2310, 1991.

MENDES, J. E. T. Ensaio de variedades de cafeeiros: III. **Bragantia**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 29-43, 1951.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297 p.

MÔNACO, L. C. Qualidade da bebida. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 25 jun. 1958. Suplemento Agrícola, p. 5, c. 3-4.

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

NATIONAL COFFEE ASSOCIATION. **All about coffee**. 2007. Disponível em: <<http://www.ncausa.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=30>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.

OLIVEIRA, L. S.; FRANCA, A. A.; OLIVEIRA, R. C. S.; AGRETI, P. C.; AUGUST, R. Characterization of SPME/GC-MS headspace profiles of coffee under two different processing temperatures. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Proceedings...** Campinas, SP: [s.n.], 2008. 1 CD-ROOM.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Estudios de investigación de evaluación sensorial sobre la calidad del café cultivado en la región de Patrocinio en el Estado de Minas Gerais en Brasil**. Londres, 1991. 28 p. Reporte de Evaluación Sensorial.

PAIVA, E. F. F. **Análise sensorial dos cafés especiais do Estado de Minas Gerais**. 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PEREIRA, M. C. **Características químicas, físico-químicas e sensorial de genótipos de grãos de café (*Coffea arabica* L.)**. 2008. 101 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

PEREIRA, R. G. F. A.; VILELLA, T. C.; ANDRADE, E. T. Composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2002. p. 826-831.

PERRONE, D.; FARAH, A.; DONANGELO, C. M.; PAULIS, T. de; MARTIN, P. R. Comprehensive analysis of major and minor chlorogenic acids and lactones in economically relevant Brazilian coffee cultivars. **Food Chemistry**, Oxford, v. 106, n. 2, p. 859-867, 2008.

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

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos a espera da secagem, na qualidade do café**. 2001. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO-ALVES, M.; TRUGO, L. C.; DONANGELO, C. M. Use of oral contraceptives blunts the calciuric effect of caffeine in young adult women. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 133, p. 393-398, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

SALVADORAN COFFEE COUNCIL. Exploring distinctive characteristics & virtues of coffee varieties: the bourbon & pacamara case. 2009. Disponível em: <<http://www.atlascoffee.com/pacamara.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2009.

SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S. E.; BRADBURY, A.; WILKENS, J.; BECKER, R. Biochemical insights into coffee processing: quality and nature of green coffee are interconnected with an active seed metabolism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore-India: ASIC, 2004. 1 CD-ROOM.

SHANKARANARAYANA, M. L.; RAGHAVAN, B.; ABRAHAM, O.; NATARAJAN, C. P. Complex nature of coffee aroma. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 38, n. 4, p. 84-92, Apr. 1974.

SILVA, E. A. da; MAZZAFERA, P.; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; MATTOSO, L. H. C.; CARVALHO, C. R. L.; PIRES, R. C. M. The influence of water and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2005.

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

SILVA, R. F. da; PEREIRA, R. G. F. A.; BORÉM, F. M.; SILVA, V. A. da. Altitude e a qualidade do café cereja descascado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 9, p. 40-47, 2006. Especial Café.

SILVAROLLA, M. B.; MAZZAFERA, P.; FAZUOLI, L. C. A naturally decaffeinated arabica coffee. **Nature**, London, v. 429, p. 826-826, June 2004.

SILVETZ, M.; DESROSIER, N. W. **Coffee technology**. Connecticut: AVI, 1979. 563 p.

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

SOUZA, M. C. M.; SAES, M. S. M.; OTANI, M. N. Pequenos agricultores familiares e sua inserção no mercado de cafês especiais: uma abordagem preliminar. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 11, p. 16-26, nov. 2002.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Backgrounder:** what's special about specialty coffee? 2008. Disponível em: <http://www.javadavescoffee.com/PDF_Documents/Press-What-is-Specialty-Coffee.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2009.

STEGEN, G. H. D. van der; DUIJN, J. van. Analysis of chlorogenic acids in coffee. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 9., 1980, Londres. **Proceedings...** Paris: Association Scientifique Internationale du Café, 1980. p. 107.

STENNERT, A.; MAIER, H. G. Trigonelline in coffee: II. content of green, roasted and instant coffee. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-forschung**, Heidelberg, v. 199, n. 3, p. 198-200, 1994.

STREULI, H. Der heutige stand der kaffeechemie. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 6., 1973, Bogotá. **Proceedings...** Paris: Association Scientifique Internationale du Café 1973, p. 61-72.

TAUNAY, A. de E. **História do café no Brasil:** no Brasil Imperial 1822-1972. Rio de Janeiro: Departamento Nacional do Café, 1939. v. 3.

TEIXEIRA, A. A.; CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Grãos defeituosos em café colhido verde. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 8, p. 77-89, abr. 1971.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. Chlorogenic acid composition of instant coffees. **Analyst**, Cambridge, v. 109, n. 3, p. 263-266, 1984.

VALOR ECONÔMICO. **Produtores saem em busca do café ideal:** estão ressuscitando o Bourbon amarelo. 2007. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=11657>>. Acessado em: 30 jul. 2007.

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

VINCENT, J. C. Green coffee processing. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Technology**. London: Elsevier, 1987. p. 1-33.

VITORINO, M. D.; FRANÇA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BORGES, M. L. A. Metodologia de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 17-24, 2001.

WILBAUX, R. **Agricultural engineering**. Rome, Italy: FAO, 1963. 293 p.

ANEXO

ANEXO A

	Página
TABELA 1A Análise de variância dos teores de trigonelina dos grãos crus de café, em função dos diferentes genótipos e da altitude do ambiente de cultivo.....	79
TABELA 2A Análise de variância dos teores de ácidos clorogênicos dos grãos crus de café, em função dos diferentes genótipos e da altitude do ambiente de cultivo.....	79
TABELA 3A Valores médios da pontuação final da análise sensorial para os três ambientes estudados.....	79
TABELA 4A Análise de variância dos teores de cafeína dos grãos crus de café, em função dos diferentes genótipos e da altitude do ambiente de cultivo.....	80
TABELA 5A Análise de variância da pontuação final da análise sensorial, em função dos diferentes genótipos e da altitude do ambiente de cultivo.....	80
TABELA 6A Análise de variância da pontuação final da análise sensorial referente ao desdobramento de genótipos, em cada altitude do ambiente de cultivo.....	81

TABELA 7A	Análise de variância da pontuação final da análise sensorial referente ao desdobramento de cada genótipo na altitude do ambiente de cultivo.....	81
TABELA 8A	Valores médios da pontuação final da análise sensorial do genótipo 13, para os três ambientes de cultivo.....	82

TABELA 1A

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Altitude	2	0,2316	0,0000*
Genótipo	13	0,0162	0,0000*
Altitude χ Genótipo	26	0,0047	0,0039*
DBC	2	0,0019	0,4174 ^{ns}
erro	82	0,0021	

CV (%) = 4,59; média geral = 1,0038; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

TABELA 2A

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Altitude	2	1,551241	0,0000*
Genótipo	13	0,399805	0,0000*
Altitude χ Genótipo	26	0,124753	0,1737 ^{ns}
DBC	2	0,367356	0,0245*
erro	82	0,094605	

CV (%) = 5,18; média geral = 5,9435; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

TABELA 3A

Ambientes (Altitudes)	Médias
Santo Antônio do Amparo	79,79 ^a
Lavras	80,34 ^a
São Sebastião da Grama	80,54 ^a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).

TABELA 4A

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Altitude	2	0,3125	0,0000*
Genótipo	13	0,2004	0,0000*
Altitude χ Genótipo	26	0,1499	0,0315*
DBC	2	0,0272	0,0201*
erro	82	0,2721	

CV (%) = 4,86; média geral = 1,1847; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

TABELA 5A

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Altitude	2	6,3709	0,0706 ^{ns}
Genótipo	13	3,2783	0,1732 ^{ns}
Altitude χ Genótipo	26	2,6785	0,3086 ^{ns}
DBC	2	12,9741	0,0054*
erro	82	2,3272	

CV (%) = 1,90; média geral = 80,2276; *Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

TABELA 6A

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Genótipo/Altitude 1	13	1,3437	0,8653 ^{ns}
Genótipo/ Altitude 2	13	4,7916	0,0255*
Genótipo/ Altitude 3	13	2,5000	0,3925 ^{ns}
resíduo	82	2,3272	

*Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

TABELA 7A

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Altitude/Genótipo 1	2	0,0831	0,9665 ^{ns}
Altitude / Genótipo 2	2	1,4892	0,5267 ^{ns}
Altitude / Genótipo 3	2	0,2556	0,8975 ^{ns}
Altitude / Genótipo 4	2	4,1661	0,1704 ^{ns}
Altitude / Genótipo 5	2	3,0534	0,2712 ^{ns}
Altitude / Genótipo 6	2	2,7986	0,3019 ^{ns}
Altitude / Genótipo 7	2	3,2285	0,2520 ^{ns}
Altitude / Genótipo 8	2	2,6944	0,3154 ^{ns}
Altitude / Genótipo 9	2	2,9184	0,2870 ^{ns}
Altitude / Genótipo 10	2	1,0339	0,6406 ^{ns}
Altitude / Genótipo 11	2	1,7153	0,4781 ^{ns}
Altitude / Genótipo 12	2	2,4670	0,3473 ^{ns}
Altitude / Genótipo 13	2	9,3960	0,0207*
Altitude / Genótipo 14	2	5,8917	0,0839 ^{ns}
resíduo	82	2,3272	

*Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

TABELA 8A

Ambientes (Altitudes)	Médias
Lavras	79,54 ^a
Santo Antônio do Amparo	79,67 ^a
São Sebastião da Grama	82,67 ^b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo Teste Scott-Knott (5% de significância).