



LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO

**POTENCIAL DE NOVAS CULTIVARES DE
Coffea arabica L. RESISTENTES À FERRUGEM
PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS**

LAVRAS-MG

2014

LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO

**POTENCIAL DE NOVAS CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.
RESISTENTES À FERRUGEM PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉS
ESPECIAIS**

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

Orientador

Prof. Dr. Carlos José Pimenta

Coorientador

Dr. Marcelo Ribeiro Malta

LAVRAS - MG

2014

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

Fassio, Larissa de Oliveira.

Potencial de novas cultivares de *Coffea arabica* L. resistentes à ferrugem para a produção de cafés especiais / Larissa de Oliveira Fassio. – Lavras : UFLA, 2014.

88 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Carlos José Pimenta.

Bibliografia.

1. Cultivares. 2. Bebidas - Qualidade. 3. Análise de componentes principais. 4. Híbrido de timor. 5. Café - Atributos sensoriais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 663.93

LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO

**POTENCIAL DE NOVAS CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.
RESISTENTES À FERRUGEM PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉS
ESPECIAIS**

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

APROVADA em 21 de fevereiro de 2014

Pesquisador Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

EPAMIG

Pesquisador Dr. Marcelo Ribeiro Malta

EPAMIG

Dr. Carlos José Pimenta
Orientador

LAVRAS - MG

2014

No fundo, algo sempre me diz que tudo se encaixa. Que os caminhos são tortos, mas a chegada é certa. Que há coisas bonitas esperando lá na frente, se a gente acredita. E eu acredito!

Vivo de acreditar.

AGRADECIMENTOS

O ato de sentir gratidão por algo ou por alguém é a forma mais gentil de expressar humildade, pois através deste sentimento demonstramos que ninguém faz nada sozinho, sempre precisaremos uns dos outros.

Primeiramente agradeço a Deus por me dar força e discernimento para cumprir mais uma etapa do plano espiritual.

Aos meus pais, Carlos e Eliane, que nunca mediram esforços para fazer de mim antes de uma boa profissional, uma pessoa de bem, e sobretudo consciente dos meus deveres.

Aos meus irmãos Plínio e Lívia, pelo companheirismo, amizade e troca de idéias.

Aos grandes amigos Viviane, Silvana, Lerrânia, Thaiana, Leonardo, Daiane e Vinícius (Nil) pela união, demonstrações de carinho, histórias vividas e pelo incentivo constante.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Carlos José Pimenta pela orientação e por acreditar no meu potencial.

Ao pesquisador da EPAMIG, Dr. Marcelo Ribeiro Malta, pela confiança, dedicação, exemplo e ensinamentos valiosos.

Ao pesquisador da EPAMIG, Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, pelas ideias, confiança e pela constante prestabilidade.

Aos funcionários das instituições EPAMIG e UFLA, Samuel, Tina, Edson e José Maurício, pela ajuda no decorrer do experimento.

Aos colegas da EPAMIG: Priscilla, Rafael e Janine, ao João Paulo Felicori e Paulo Rodrigues (Pônei), pela ajuda durante a colheita do

experimento. E, em especial, ao Alessandro Meirelles, que me abriu as portas, sempre demonstrou verdadeira confiança e presteza.

Aos colegas de laboratório do DCA, Renato, Luciana, Gabi, Raul, Bruno e Raquel, pela convivência diária, risadas e troca de conhecimentos.

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

Muito Obrigada!

RESUMO GERAL

Para atender à grande demanda por cafés especiais imposta pelos mercados internacional e nacional, é justificável a procura por materiais genéticos, que além de possuírem características de produtividade e resistência a patógenos, possuam também melhores características de qualidade de bebida, e, para definir estas características de qualidade, é necessário conhecer o perfil sensorial e químico dos grãos de café. Portanto, o presente trabalho teve por objetivos: avaliar as características sensoriais de cultivares resistentes à ferrugem para a produção de cafés especiais; avaliar se existe relação entre os conteúdos de cafeína, trigonelina e 5-ACQ, avaliar o perfil de ácidos graxos com os atributos sensoriais da bebida, e diante destas análises possibilitar a diferenciação das cultivares em dois locais de Minas Gerais. Para tanto avaliou-se sete cultivares de *Coffea arabica* portadoras de resistência à ferrugem, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da EPAMIG em parceria com a UFV e UFLA, e duas cultivares suscetíveis (Bourbon Amarelo e Topázio MG1190) em dois ambientes de cultivo: Lavras, na região Sul de Minas, e Patrocínio, na região Cerrado de Minas. Os experimentos foram instalados no campo em delineamento de blocos casualizados (DBC), com três repetições e parcelas constituídas por dez plantas cada. Aplicou-se análise multivariada (Análise de Componentes Principais) para melhor interpretação dos resultados. Os atributos, sabor e acidez foram determinantes para diferenciar as cultivares e a interação das mesmas com os ambientes avaliados. As cultivares Araponga MG1, Catiguá MG1 e Catiguá MG2 são as mais indicadas para a produção de cafés especiais no Estado de Minas Gerais. Os conteúdos de cafeína, trigonelina e 5-ACQ não apresentaram boa correlação com os atributos fragrância, sabor, acidez, corpo e nota final. Contudo, estes compostos permitiram a diferenciação dos ambientes. Dentre os ácidos graxos encontrados nos grãos, a cromatografia capilar a gás detectou a presença de um ácido incomum em cafés: o ácido gamma-linolênico (C18:3 ω -6, GLA). Os ácidos graxos palmítico, palmitoleico e linoleico apresentaram correlação com a qualidade sensorial da bebida enquanto os ácidos graxos insaturados, linoleico, linolênico e gamma-linolênico foram capazes de discriminar o ambiente Patrocínio.

Palavras-chave: Cultivar. Qualidade de bebida. Análise de Componentes Principais.

GENERAL ABSTRACT

In order to meet the high demand for special coffees imposed by the international and national markets, it is justifiable to search for genetic material, which in addition to presenting productivity and pathogen resistance characteristics, present better beverage quality characteristics and, to define these quality characteristics, it is necessary to know the sensorial and chemical profile of the coffee beans. Therefore, this study had the objectives of: evaluating the sensorial characteristics cultivars resistant to rust for the production of special coffees; assess whether there is a relation between the contents of caffeine, trigonelline and 5-CQA; evaluate the fatty acid profile with the beverage's sensory attributes; and with these analyses, allow the differentiation of cultivars in two locations of Minas Gerais, Brazil. For this purpose, we analyzed seven *C. arabica* cultivars bearing rust resistance, developed by the EPAMIG breeding program in partnership with UFV and UFLA, and two susceptible cultivars (Yellow Bourbon and Topazio MG1190) in two cultivation environments: Lavras, southern Minas Gerais and Patrocínio, Cerrado region of Minas Gerais. The experiments were installed on the field in a randomized block design (RBD) with three replicates and plots consisting of ten plants each. We applied multivariate analysis (Principal Component Analysis) for better interpretation of the results. The acidity and flavor attributes were determining factors for differentiating the cultivars and the interaction between them and the evaluated environments. The Araponga MG1, Catiguá MG2 and Catiguá MG1 cultivars are the most indicated for the production of special coffee in Minas Gerais. The contents of caffeine, trigonelline and 5-CQA did not present a good correlation with the fragrance, flavor, acidity, body and final score attributes. However, these compounds allowed us to differentiate the environments. Among the fatty acids found in the grains, capillary gas chromatography detected the presence of an unusual acid in coffee, gamma-linolenic acid (C18: 3 ω -6, GLA). The palmitic, linoleic and palmitoleic fatty acids presented correlation with the sensory quality of the beverage while the unsaturated fatty acids, linoleic, linolenic and gamma-linolenic acids, were able to discriminate the Patrocínio environment.

Key-words: Cultivars. Beverage quality. Principal Components Analysis.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Cafés Especiais.....	12
2.2 Materiais genéticos e qualidade do café.....	13
2.3 Condições edafoclimáticas.....	15
2.4 Análise Sensorial.....	18
2.5 Ácidos Graxos.....	19
2.6 Compostos bioativos do café.....	21
REFERÊNCIAS	24
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	32
ARTIGO 1 Caracterização sensorial de cultivares resistentes à ferrugem (<i>Coffea arabica</i> L.) para a produção de cafés especiais	32
ARTIGO 2 Correlação entre atributos químicos e sensoriais de grãos de café arábica resistentes à ferrugem em dois ambientes de Minas Gerais.....	52

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira vem evoluindo nos últimos anos de forma acentuada e contínua no que se refere à diferenciação do seu produto. Novas tecnologias e aplicações de conhecimentos científicos vêm sendo inseridos no setor produtivo para atender um mercado cada vez mais exigente.

O mercado de cafés especiais é hoje um segmento em expansão, vem crescendo em proporções maiores do que o mercado de cafés comuns. Os consumidores estão mais conscientes, optando por cafés que possuem qualidade de bebida diferenciada, aceitam pagar mais por cafés que satisfaçam suas preferências. Segundo Giomo e Borém (2011) o Brasil, devido à diversidade do seu parque cafeeiro e grande nível tecnológico, apresenta condições favoráveis para aumentar sua participação no mercado de cafés especiais.

O componente genético exerce um efeito destacado na determinação da qualidade final do café. Assim, os programas de melhoramento genético do cafeeiro vêm investigando formas de aliar às características vegetativas, ao elevado potencial produtivo, à resistência às pragas e doenças das cultivares, as características de qualidade de bebida, principalmente quanto ao sabor e aroma.

A maioria das cultivares melhoradas resistentes à ferrugem, atualmente em uso, tem como fonte de resistência o genótipo denominado Híbrido de Timor, que constitui o segundo retrocruzamento de *C. arabica* x *C. canephora* (VÁRZEA et al., 2002). Até pouco tempo atrás hipóteses eram lançadas de que cultivares oriundas do Híbrido de Timor não produziam cafés com qualidade de bebida superior. No entanto, vários trabalhos desenvolvidos no Brasil têm demonstrado que genótipos obtidos de cruzamentos com o Híbrido de Timor

possuem ampla variabilidade para a qualidade de bebida (CARVALHO et al., 2011; CHALFOUN et al., 2013).

O café é um produto influenciado diretamente pelos aspectos ambientais, cuja qualidade se expressa em função do local de plantio. Minas Gerais vem conquistando concursos de qualidade de café, abrindo espaço no mercado e agregando valor ao produto. Por sua grande extensão territorial e variação ambiental, o Estado possibilita a produção de cafés de qualidade com grande diversidade de sabores e aromas.

A interação existente entre o fator genético e o ambiente onde o café é cultivado influencia diretamente na qualidade final do produto. Identificar e quantificar os compostos químicos, bem como os atributos sensoriais do café é uma forma eficiente de avaliar e monitorar esta interação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cafés Especiais

A definição para cafés especiais não é precisa. No entanto, sabe-se que ela envolve tanto parâmetros relacionados à qualidade de bebida quanto às condições em que os grãos foram produzidos. Os cafés especiais diferenciam-se dos cafés comuns por características como qualidade superior da bebida, aspecto dos grãos, forma de colheita, tipo de preparo, origem dos plantios, cultivares, entre outras. Inclui-se também a estes parâmetros de diferenciação a sustentabilidade econômica, ambiental e social da produção, a rastreabilidade e a incorporação de serviços a fim de promover maior igualdade entre os elos da cadeia produtiva (GIOMO; BORÉM, 2011; SOUZA; SAES; OTANI, 2002; ZYLBERSZTAJN; FARINA, 2001).

O segmento de cafés especiais surgiu entre os anos de 1970 e 1980, em plena crise de consumo norte-americana. Um grupo de industriais fundou a Specialty Coffee Association of America (SCAA), com o objetivo de estimular o consumo e a produção de cafés especiais. É possível que tenha surgido como um meio de desviar as preocupações relacionadas à produção ou, ainda, para agregar valor ao produto (FIGUEIREDO, 2010).

Os cafés especiais devem apresentar um caráter distinto na xícara e serem notavelmente bons, ou seja, devem possuir elevado potencial de expressão de aroma e sabor (BORÉM et al., 2008). Não podem apresentar defeitos físicos de qualquer origem, obtendo no mínimo 80 pontos na escala de classificação de cafés especiais da Specialty Coffee Association of America – SCAA (LINGLE, 2011), o que equivale a um café de bebida mole, de acordo com a Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003 (BRASIL, 2003).

Segundo Paiva (2005), um café especial apresenta características que o diferencia dos outros, como o sabor remanescente floral, cítrico ou achocolatado, entre outros. Estas características de diferenciação são determinadas pela qualidade intrínseca do café, ou seja, a composição química dos grãos irá proporcionar sabores e aromas específicos à bebida (GIOMO; BORÉM, 2011).

A demanda por grãos especiais cresce em torno de 15% ao ano, e o segmento representa hoje, cerca de 12% do mercado internacional da bebida. O valor de venda atual, para cafés diferenciados, tem sobre preço que varia entre 30% e 40% em relação ao café cultivado de modo convencional. Em alguns casos, esse valor pode ultrapassar a barreira dos 100% (BRAZIL SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION - BSCA, 2005).

De acordo com Figueiredo (2013) a qualidade da bebida do café é considerada um critério consolidado para se atingir mercados que melhor remunerem o produto. Portanto, incentivos à produção de cafés especiais tornam-se importantes para a agregação de valor ao café brasileiro.

2.2 Materiais genéticos e qualidade do café

O cultivo de café arábica no Brasil teve início no ano de 1727, com a introdução das primeiras mudas de *Coffea arabica* vr. *Typica* trazidas da Guiana Francesa. A partir daí, vários cruzamentos naturais e ou por meio de programas de melhoramento genético originaram um grande número de cultivares de café no Brasil.

Segundo Giomo e Borém (2011) a espécie *Coffea arabica* naturalmente produz cafés de bebidas superiores, sendo o contrário considerado anormalidade, ocasionado por algumas falhas nos processos de colheita e pós-colheita do café

ou a adversidades ambientais que impedem a expressão plena do potencial genético das cultivares.

A cultivar Bourbon é considerada a que possui o maior potencial para a produção de cafés especiais, devido ao seu sabor adocicado e ao aroma peculiar que confere à bebida. Vários autores têm demonstrado o potencial de genótipos Bourbon para a produção de cafés especiais independente da região de cultivo (FERREIRA et al., 2012; FIGUEIREDO, 2013; RIBEIRO, 2013). Fazuoli et al. (2008) afirmam que as plantas de Bourbon são altamente suscetíveis à ferrugem alaranjada, menos vigorosas e produtivas, sendo indicadas para o plantio somente para aqueles cafeicultores que desejarem obter um produto diferenciado em relação à qualidade de bebida. No entanto, os trabalhos de Ferreira (2010) mostraram que alguns genótipos de Bourbon são tão vigorosos e produtivos quanto outras cultivares tradicionais como a Mundo Novo.

Em programas de melhoramento genético que envolve *C. arabica*, o alvo principal é a melhoria da produtividade, a resistência a doenças e a manutenção do nível de qualidade em cruzamentos com materiais genéticos exóticos que apresentam resistência a patógenos (CARVALHO et al., 2011).

A maioria das cultivares melhoradas resistentes à ferrugem, atualmente em uso, tem como fonte de resistência o genótipo denominado Híbrido de Timor (VÁRZEA et al., 2002) e seu alto potencial produtivo aliado à resistência à ferrugem tem sido confirmado em suas progênies (CARVALHO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011).

Até poucos anos havia paradigmas quanto à qualidade de algumas cultivares híbridas, oriundas de cruzamentos de Arábica e outras espécies. Para Bertrand et al. (2005) a introgressão através do Híbrido de Timor confere resistência à planta, mas, às vezes, é acompanhada de uma diminuição substancial na qualidade da bebida. Com o intuito de investigar esta hipótese, várias pesquisas têm sido desenvolvidas objetivando identificar a qualidade

sensorial e química de materiais portadores de resistência à ferrugem (CARVALHO, 2011; CHALFOUN et al., 2013; MENDONÇA et al., 2007; PEREIRA, 2008; PEREIRA et al., 2008).

Por meio da pontuação final da análise sensorial e de acordo com os atributos bebida limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, gosto remanescente, balanço e aspecto, Pereira (2008) separou como potenciais produtoras de cafés especiais as cultivares e progênes Catiguá MG2, Catiguá MG1, Catuaí Vermelho IAC 15, H518-3-6-1, H419-6-2-5-2, H419-6-2-7-3, H518-3-6-1, Icatu Amarelo IAC 3282, Mundo Novo IAC 379/19 e Rubi MG1192, independente da ascendência das cultivares e progênes testadas serem oriundas ou não do Híbrido de Timor, o desempenho qualitativo destas não foi afetado.

De acordo com Carvalho et al. (2011), no germoplasma designado 'Híbrido de Timor' tem-se constatado ampla variabilidade para a qualidade de bebida, apresentando genótipos de baixos e elevados escores para essa característica.

Dessa forma, estudos químicos e sensoriais sobre as novas cultivares derivadas do Híbrido de Timor são indispensáveis para confirmarem o potencial das mesmas em produzir cafés especiais

2.3 Condições edafoclimáticas

Nos últimos anos, com a expressiva valorização do mercado de cafés especiais, há uma crescente necessidade de se diferenciar a origem do café. Segundo Alves et al. (2011) o café é uma bebida que se expressa diferentemente em função do local de plantio. É essencialmente um produto de *terroir*, ou seja, influenciado diretamente pelos aspectos ambientais, tanto os naturais quanto os humanos.

Os fatores ambientais mais frequentemente mencionados são a altitude, que apresenta efeito positivo sobre a qualidade do café, e a pluviosidade com efeito negativo sobre a qualidade (AVELINO et al., 2005). No que diz respeito aos efeitos de origem na qualidade do café, a altitude é o fator ambiental mais investigado (AVELINO et al., 2005; BERTRAND et al., 2006; DECAZY et al., 2003; GUYOT et al., 1996). Sabe-se que quanto maior a altitude menor a temperatura, que temperaturas mais baixas são responsáveis pelo adiantamento do processo de maturação e, conseqüentemente, maiores acúmulos de compostos bioquímicos responsáveis pelo aroma do café (ALVES et al., 2011). Logo, a elevação da altitude está relacionada com o aumento da qualidade da bebida. Geralmente, o café cultivado em altitudes elevadas apresenta um preço maior do que o cultivado em regiões de planície (BERTRAND et al., 2012).

Barbosa (2009) avaliou 60 amostras participantes do Concurso de Qualidade – Cafés de Minas de 2007 com o objetivo de identificar as relações entre a qualidade, o conteúdo de compostos químicos e características ambientais. Os resultados demonstraram discriminação de notas altas e baixas em decorrência das variáveis ambientais, evidenciando a influência da temperatura, precipitação, altitude e latitude na qualidade dos cafés estudados. A qualidade de bebida varia com a altitude, em função da latitude.

No Brasil, as regiões cafeeiras são bem distintas e a produção concentra-se nos Estados de São Paulo, Paraná, Bahia, parte do Espírito Santo e Minas Gerais, sendo este último o maior produtor nacional de café, detendo aproximadamente 50% da safra brasileira.

Minas Gerais destaca-se por apresentar grande diversidade de climas, em razão de ser uma região tropical de transição climática, sua cafeicultura está distribuída em quatro ambientes principais, constituídos pelas regiões Sul de Minas, Matas de Minas, Cerrados de Minas e Chapadas de Minas, e, em virtude dessa amplitude de cultivo e da diversidade genética dos materiais cultivados, a

interação genótipo por ambiente é bastante complexa, afetando diretamente a qualidade do café (CUPOLILLO, 2008; FIGUEIREDO, 2013; INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA, 1995).

A região Sul de Minas possui um agroecossistema de café que vem se mantendo com destaque em relação às demais, em função de alguns fatores, tais como: condições climáticas e solos adequados ao cultivo do café e melhor qualidade da bebida (VIEIRA et al., 2003). Chagas, Malta e Pereira (2005), verificando o potencial da região Sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais, verificaram que, de acordo com os resultados das análises físico-químicas de 22 municípios estudados, esta região apresenta características desejáveis para a produção de cafés de boa qualidade.

A Região do Cerrado Mineiro é a primeira origem produtora de café demarcada no Brasil, segundo decreto do Governo de Minas Gerais, desde abril de 1995. Esta região foi também a primeira Indicação Geográfica para café concedida no país (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ORIGENS PRODUTORAS DE CAFÉ - ABOPCAFÉ, 2013). As características básicas de bebida do café da Região do Cerrado Mineiro são: aroma intenso com notas aromáticas entre caramelo e nozes; delicada acidez cítrica; bebida encorpada com finalização achocolatada de longa duração.

Ferreira et al. (2012) e Pereira (2008) confirmaram através de análises químicas, físico-químicas e sensoriais que, diferentes genótipos de café arábica, produzem cafés com excelentes notas finais na Região do Cerrado de Minas Gerais, evidenciando o proposto por Figueiredo (2010) de que existem regiões com maior aptidão para a produção de cafés especiais.

Os aspectos climatológicos de localização e de qualidade de bebida estão intimamente interligados. Assim, observa-se uma busca crescente por estratégias que determinem a origem, bem como por compostos químicos capazes de discriminar ambientes.

2.4 Análise Sensorial

A análise sensorial é uma ciência que objetiva, principalmente, estudar as percepções, sensações e reações produzidas pelas características dos alimentos, bebidas e materiais, como elas são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição (DELLA LUCIA; MININ; CARNEIRO, 2006; INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2013).

A análise sensorial de alimentos tem diversas aplicações, entre elas o controle e a garantia da qualidade, o desenvolvimento de novos produtos e a melhoria de alimentos disponíveis no mercado (MINIM, 2006).

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 aromas e, ao mesmo tempo, descrever as notas ou nuances específicas de aroma e sabor encontradas em uma determinada amostra (FIGUEIREDO, 2010). 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. 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 apresentam nota final igual ou acima de 80 pontos. A partir desta metodologia proposta por Lingle (2011) os atributos são agrupados em duas categorias: uma subjetiva, representada pela fragrância/aroma, sabor, sabor residual, acidez, corpo, equilíbrio e impressão global; e uma objetiva, representada pela uniformidade, xícara limpa e doçura. Os resultados finais são expressos de acordo com a descrição para cafés especiais em exemplar, excelente, muito bom e bom (SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION AMERICA - SCAA, 2012).

Devido ao fato de a análise sensorial do café ser uma classificação subjetiva, várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de relacionar os aspectos sensoriais da bebida com análises químicas e físico-químicas com o objetivo de auxiliar a análise sensorial, buscando minimizar discrepâncias (DYMINSKY et al., 2005).

2.5 Ácidos Graxos

Os lipídeos são os componentes principais do café e correspondem de 11 a 20 g/100g do conteúdo total na espécie *Coffea arabica* e 7 a 10g/100g em *Coffea canephora* (AGUIAR et al., 2005; TOCI; FARAH; TRUGO, 2006; TRUGO, 2003). É na fração de óleo do endosperma dos grãos que se encontra mais expressivamente a maioria dos lipídeos, estando somente uma pequena quantidade (0,2% a 0,3%) na camada de cera que circunda o grão (WILSON; PETRACCO; ILLY, 1997).

Os compostos principais dos lipídeos são os ácidos graxos, compostos que contêm uma cadeia alifática e um grupo carboxílico (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). No café, encontram-se principalmente os triacilgliceróis (8-17% do total de lipídeos do café) com ácidos graxos em proporções semelhantes aos óleos vegetais comuns, comestíveis, sendo que os triacilgliceróis são importantes transportadores de aroma no grão de café torrado (PETRACCO, 2005; TRUGO, 2003).

Os lipídios podem ser considerados como potenciais contribuintes para a perda de qualidade, devido à sua oxidação e desenvolvimento de off-flavors, mas também como importantes componentes de proteção dos grãos.

Os principais ácidos graxos presentes no café são: mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0), eicosenoico (C20:1) e

ácido behênico (C22:0) (FOLSTAR, 1985; JOET et al., 2010). Curiosamente, esses lipídios, durante o processo de torração, podem migrar para a superfície dos grãos, criando uma barreira natural na perda dos compostos voláteis, determinantes na qualidade final da bebida (PIMENTA, 2003).

Apesar de ser ainda pouco estudada, acredita-se que a fração lipídica desempenha um papel importante na qualidade dos grãos e de acordo com Bertrand et al. (2008) e Villarreal et al. (2009) o conteúdo de ácidos graxos nos grãos de café é um bom candidato para discriminar cultivares e ambientes.

A capacidade de discriminação dos ambientes depende muito do número de fatores ambientais que influenciam na composição de ácidos graxos nos grãos e se os ambientes mostram uma tipologia estável para esses fatores ao longo do tempo (VILLARREAL et al., 2009). Em muitas frutas e sementes tolerantes ao frio, ricas em lipídeos, incluindo oleaginosas como girassol (IZQUIERDO et al., 2002), soja e linhaça (BYFIELD et al., 2007; FOFANA, 2006) e de árvores como oliveiras e avelã (BELTRÁN et al., 2004), a temperatura e a precipitação apresentam importante influência na composição final dos ácidos graxos.

Sobre a composição de ácidos graxos em grãos crus de café, Bertrand et al. (2008) observaram que os ácidos palmítico, margárico, esteárico, linoleico, linolênico, araquídico e eicosenoico têm alto potencial para a diferenciação de ambientes e genótipo de cafés, embora a interação entre esses dois não tenha sido significativa.

Estudos com cafés de diferentes origens botânicas foi desenvolvido por Alves et al. (2003) e os autores afirmam que o perfil de ácidos graxos pode ser utilizado como marcador de uma cultivar de café e pode também informar sobre o histórico do café, principalmente em relação às condições de torra do café. Trabalhos desenvolvidos por Figueiredo (2013) demonstram de forma inédita, estreita relação entre os ácidos graxos saturados e insaturados presentes nos grãos crus de café com a qualidade sensorial da bebida de genótipos de Bourbon.

Portanto, continua a ser uma questão chave a ser investigada e de grande importância na determinação de *terroirs*, como o ambiente influencia a composição de ácidos graxos, e estes por sua vez, a qualidade final da bebida do café.

2.6 Compostos bioativos do café

Os compostos denominados bioativos ou não-voláteis, encontrados no café são: trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína.

Os níveis de cafeína, ácidos clorogênicos e trigonelina, em grãos de café, têm sido estudados tanto para a discriminação de espécies quanto para avaliação do grau de torra, qualidade e propriedades funcionais do café (BICCHI et al., 1995).

A cafeína é um derivado da xantina que apresenta sabor amargo e característico, importante para o sabor do café (TRUGO; MACRAE, 1984). Segundo Illy e Viani (1995) a concentração de cafeína presente no café é responsável por 10% do seu amargor, porém, o teor de cafeína não tem efeito direto na qualidade sensorial.

Existem relatos de que maiores teores de cafeína são encontrados em cafés de alta qualidade sensorial (FARAH et al., 2006; FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005). No entanto, esta premissa foi contraditória nos estudos de Dessalegn et al. (2008) que demonstraram associações negativas e significativas entre o teor de cafeína e os atributos acidez, corpo e sabor da bebida do café.

As variações para teor de cafeína encontradas em genótipos de café arábica e robusta estão entre 0,8 a 2,8% (HEILMANN, 2001). Nos estudos sobre os teores de cafeína nos grãos e nas folhas dos acessos de *Coffea arabica* do

banco de germoplasma do estado de Minas Gerais, Teixeira et al. (2012) identificaram variações nos teores de cafeína de 0,82 a 1,39%.

Os efeitos farmacológicos da cafeína como estimulante do sistema nervoso central são mundialmente conhecidos e, portanto são alvos de diversas investigações (GALLUS et al., 2009; MONTELLA et al., 2009; SIN; HO; CHUNG, 2009; TANG et al., 2009).

Os compostos fenólicos são encontrados em uma grande variedade de alimentos vegetais comumente consumidos tais como frutas, legumes e cereais, e em bebidas de origem vegetal como vinhos, chás e café (FARAH; DONANGELO, 2006). Os ácidos clorogênicos são os principais fenólicos encontrados no café.

Os ácidos clorogênicos são definidos como ésteres formados pela junção do ácido quínico com um dos ácidos *trans*-cinâmicos: o ácido caféico, o ferúlico, sinápico ou *p*-cumárico. O ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) é o mais comum dos ácidos clorogênicos e o mais conhecido dos fenóis dietéticos biologicamente ativos (CHUM, 2003; CLIFFORD, 2000). Em estudos dos isômeros individuais, foram descritos valores de 5,8% para os ácidos cafeoilquínicos, 0,87% para os ácidos dicafeoilquínicos e 0,25% para 5-feruloilquínico (TRUGO; MACRAE, 1984). Farah et al. (2006) identificaram oito ácidos clorogênicos e encontraram fortes correlações entre os níveis da maioria dos monoésteres de CGA e a baixa qualidade de bebida.

Os ácidos clorogênicos são responsáveis pela adstringência dos frutos e contribuem para o sabor e o aroma característico do café (MOREIRA; TRUGO; MARIA, 2000; NOGUEIRA; TRUGO, 2003). Durante o processo de torração, esses compostos fenólicos são intensamente degradados, originando pigmentos e componentes voláteis do aroma, como fenol e vinilguaiacol (BICCHI et al., 1995; NOGUEIRA; TRUGO, 2003).

Sabe-se que o conteúdo total de ácidos clorogênicos em grãos verdes de café pode variar substancialmente de acordo com a espécie e o grau de maturação (FARAH; DONANGELO, 2006). As práticas agrícolas, clima e composição do solo também podem contribuir para mudanças no conteúdo e distribuição dos ácidos clorogênicos (MONTEIRO; FARAH, 2012).

A trigonelina, um derivado da piridina, é conhecida por contribuir indiretamente na formação de aromas desejáveis, durante a torração do café (MACRAE, 1985). Apresenta também importância biológica, uma vez que a trigonelina é precursora da niacina no processo de torração (MALTA; CHAGAS, 2009), que faz do café um dos únicos alimentos que tem seu valor nutricional aumentado após o processamento térmico (CASAL; OLIVEIRA; FERREIRA, 2000).

O conhecimento da concentração de trigonelina nos grãos ainda cru permite estimar o potencial de degradação para a formação dos compostos voláteis e do ácido nicotínico no processo de torração (AGUIAR et al., 2005; TRUGO, 2003). Os teores de trigonelina podem variar de acordo com a espécie e variedade, assim como para determinados fatores ambientais (AVELINO et al., 2006; GUYOT et al., 1996). Em geral, maiores valores são encontrados em *Coffea arabica* (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999), porém Aguiar et al. (2005) observaram poucas diferenças na concentração desse alcaloide entre as variedades de *Coffea canephora*, preconizando que a trigonelina não é um bom parâmetro para se discriminar variedades dessa espécie.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E. et al. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.
- ALVES, H. M. R. et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, mar./abr. 2011.
- ALVES, M. R. et al. Contribution of FA profile obtained by high-resolution GC/chemometric techniques to the authenticity of green and roasted coffee varieties. **Journal of the America Oil Chemist's Society**, Oxford, v. 80, n. 6, p. 511-517, June 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ORIGENS PRODUTORAS DE CAFÉ. **Região do cerrado mineiro**. Disponível em: <<http://www.abopcafe.com.br/pt-br/associados/regiao-do-cerrado-mineiro.asp>>. Acesso em: 8 dez. 2013.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, Aug. 2005.
- BARBOSA, J. N. **Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade**. 2009. 108 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- BELTRÁN, G. Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from cv. *Picual*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 11, p. 3434-3440, May 2004.
- BERTRAND, B. et al. Climatic factors directly impact the volatile organic compounds fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, London, v. 135, n. 4, p. 2575-2583, Dec. 2012.
- BERTRAND, B. et al. *Coffea arabica* hybrid performance for yield, fertility and bean weight. **Euphytica**, Wageningen, v. 141, n. 3, p. 255-262, Jan. 2005.

BERTRAND, B. et al. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving sudanese-ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree Physiology**, Cary, v. 26, n. 9, p. 1239-1248, Sept. 2006.

BERTRAND, B. et al. Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea Arabica* L.) varieties and growing origins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 6, p. 2273-2280, Mar. 2008.

BICCHI, C. P. et al. Characterization of green and roasted coffees through the chlorogenic acid fraction by HPLC-UV and principal component analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, n. 6, p. 1549-1555, June 1995.

BORÉM, F. M. et al. 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, set./out. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 13, p. 22-29, jun. 2003. Seção 1.

BRAZIL SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais**. Varginha, 2005. Disponível em: <<http://bsca.com.br>>. Acesso em: 18 dez. 2012.

BYFIELD, G. E. et al. Effect of temperature on delta-9 stearoyl-ACP and microsomal omega-6 desaturase gene expression and fatty acid content in developing soybean seeds. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 4, p. 1698-1704, July 2007.

CARVALHO, A. M. **Desempenho agrônômico de cultivares resistentes à ferrugem**. 2011. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARVALHO, A. M. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 269-275, fev. 2010.

CARVALHO, G. R. et al. Melhoramento genético do café visando à qualidade de bebida. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 30-38, mar./abr. 2011.

CASAL, S.; OLIVEIRA, M. B.; FERREIRA, M. A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 481-485, Mar. 2000.

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

CHALFOUN, S. M. et al. Sensorial characteristics of coffee (*Coffea Arabica*): varieties in the Alto Paranaíba Region. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 43-52, Jan./Mar. 2013.

CHUM, O. K. Contribution of individual polyphenolic to total antioxidant capacity of plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 5, n. 25, p. 7240-7245, Dec. 2003.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates: nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 80, n. 7, p. 1033-1043, May 2000.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico hidroclimático da bacia do Rio Doce**. 2008. 156 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DECAZY, F. et al. Quality of different Honduran coffees in relation to several environments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2003.

DELLA LUCIA, S. M.; MININ, V. P. R. M.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MININ, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 13-48.

DESSALEGN, Y. et al. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 88, n. 10, p. 1726-1730, Aug. 2008.

DYMINSKY, D. S. et al. Revisão: aplicações e funcionamento das línguas eletrônicas brasileiras. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 4, p. 312-320, 2005.

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. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FAZUOLI, L. C. et al. Cultivares de café arábica de porte alto. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 227-254.

FERREIRA, A. D. **Seleção de genótipos de cafeeiros Bourbon para a produção de cafés especiais**. 2010. 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

FERREIRA, A. D. et al. Análise sensorial de diferentes genótipos de cafeeiro Bourbon. **Interciência**, Catanduva, v. 37, n. 5, p. 390-394, maio 2012.

FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FIGUEIREDO, L. P. **Perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon de diferentes origens geográficas**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

FOFANA, B. Gene expression of stearoyl-ACP desaturase and Δ 12 fatty acid desaturase 2 is modulated during seed development of flax (*Linum usitatissimum*). **Lipids**, Champaign, v. 41, n. 7, p. 705-712, July 2006.

FOLSTAR, P. Lipids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee: chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1985. p. 203-222.

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.

GALLUS, S. et al. Coffee, black tea and risk of gastric cancer. **Cancer Causes and Control**, Oxford, v. 20, n. 8, p. 1-6, 2009.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 7-16, mar./abr. 2011.

GUYOT, B. et al. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica. **Plantations Recherche**, Paris, v. 3, p. 272-280, déc. 1996.

HEILMANN, W. Technology II: decaffeination of coffee. In: CLARK, R. J.; VITZTUM, O. G. (Ed.). **Coffee: recent development**. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 108-124.

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.

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Sensory and consumer sciences**. Disponível em: <<http://www.ift.org/knowledge-center/core-sciences/sensory-science.aspx>>. Acesso em: 14 nov. 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Portaria nº 165**, de 27 de abril de 1995. Delimita regiões produtoras de café do estado de Minas Gerais para a instituição de certificado de origem. Belo Horizonte, 1995. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/certificado/legislacao>>. Acesso em: 8 jan. 2014.

IZQUIERDO, N. L. et al. Night temperature affects fatty acid composition in sunflower oil depending on the hybrid and the phenological stage. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 77, n. 2/3, p. 115-126, Sept. 2002.

JOËT, T. et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4th ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

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

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região Sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MARIA, C. A. B. de; 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, mar./abr. 1999.

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial**: estudos com consumidores. Viçosa, MG: UFV, 2006. 225 p.

MONTEIRO, M. C.; FARAH, A. Chlorogenic acids in Brazilian *Coffea arabica* cultivars from various consecutive crops. **Food Chemistry**, Oxford, v. 134, n. 1, p. 611-614, Sept. 2012.

MONTELLA, M. et al. Coffee, decaffeinated coffee, tea intake, and risk of renal cell cancer. **Nutrition and Cancer**, London, v. 61, n. 1, p. 76-80, 2009.

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

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, A. C. B. et al. Ganhos pela seleção de progênies oriundas de combinações genéticas visando a produção de cafés especiais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2011, Araxá. **Anais...** Araxá: SBC, 2011. 1 CD-ROM.

- PAIVA, E. F. F. **Análise sensorial dos cafés especiais do Estado de Minas Gerais**. 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- PEREIRA, A. A. et al. Cup quality of new cultivars derived from Híbrido de Timor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Abstracts...** Montpellier: Association for Science and Information on Coffee, 2008. p. 143.
- 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, 2008.
- PETRACCO, M. Our everyday cup of coffee: the chemistry behind its magic. **Journal of Chemical Education**, Easton, v. 82, n. 8, p. 1161-1167, Aug. 2005.
- PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2003. 304 p.
- RIBEIRO, D. E. **Interação genótipo e ambiente na composição química e qualidade sensorial de cafés especiais em diferentes formas de processamento**. 2013. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- SIN, C. W. M.; HO, J. S. C.; CHUNG, J. W. Y. Systematic review on the effectiveness of caffeine abstinence on the quality of sleep. **Journal of Clinical Nursing**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 13-21, 2009.
- SOUZA, M. C. M.; SAES, M. S. M.; OTANI, M. N. Pequenos agricultores familiares e sua inserção no mercado de cafés especiais: uma abordagem preliminar. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 11, p. 16-26, nov. 2002.
- SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION AMERICA. **Backgrounder**: what's special about specialty coffee? Disponível em: <http://www.javadavescoffee.com/PDF_Documents/Press-What-is-Specialty-Coffee.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2012.
- TANG, N. et al. Coffee consumption and risk of lung cancer: a meta-analysis. **Lung Cancer**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 17-22, 2009.

TEIXEIRA, A. L. et al. Avaliação do teor de cafeína em folhas e grãos de acessos de café Arábica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 129-137, jan./mar. 2012.

TOCI, A.; FARAH, A.; TRUGO, L. C. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta, antes e após a torração. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 965-971, set./out. 2006.

TRUGO, L. C. Analysis of coffee products. In: TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. M. (Ed.). **Encyclopedia of food sciences and nutrition**. 2nd ed. New York: Academic, 2003. p. 1498-1506.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. Chlorogenic acid composition of instant coffee. **Analyst**, London, v. 109, n. 3, p. 263-270, 1984.

VÁRZEA, V. M. P. et al. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 297-320.

VIEIRA, T. G. C. et al. Parâmetros para avaliação do comportamento espectral da cultura do café (*Coffea arabica*) em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 247-254.

VILLARREAL, D. et al. Genotypic and environmental effect on coffee (*Coffea arabica* L.) bean fatty acid profile: impact on variety and origin chemometric determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, n. 23, p. 11321-11327, 2009.

WILSON, A. J.; PETRACCO, M.; ILLY, E. Some preliminary investigations of oil biosynthesis in the coffee fruit and its subsequent re-distribution within green and roasted beans. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CHEMISTRY OF COFFEE, 17., 1997, Paris. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1997. p. 92-99.

ZYLBERSZTAJN, D.; FARINA, E. M. **Diagnóstico sobre o sistema agroindustrial de cafés especiais e de qualidade superior do Estado de Minas Gerais**: relatório final. São Paulo: PENSA/SEBRAE, 2001. 158 p.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

**ARTIGO 1 Caracterização sensorial de cultivares resistentes à ferrugem
(*Coffea arabica* L.) para a produção de cafés especiais**

*Artigo formatado de acordo com as normas da Revista de Pesquisa
Agropecuária Brasileira (PAB)*

RESUMO

Para atender à grande demanda por cafés especiais imposta pelos mercados internacional e nacional, é justificável a procura por materiais genéticos que além de possuírem características de produtividade e resistência a patógenos possuam também melhores características de qualidade de bebida. Dessa forma o presente trabalho objetivou investigar as características sensoriais de cultivares resistentes à ferrugem e à influência da interação cultivar e ambiente nestas características. Para tanto avaliou-se os atributos sensoriais de 7 cultivares de *C. arabica* portadores de resistência a ferrugem desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético coordenado pela Epamig em parceria com a UFV e a UFLA e duas cultivares suscetíveis (Bourbon Amarelo e Topázio MG1190) como testemunhas para padrão de bebida em dois ambientes de cultivo: Lavras, na região Sul de Minas e Patrocínio, na região Cerrado de Minas. Os atributos sabor e acidez foram determinantes para diferenciar as cultivares e a interação das mesmas com os ambientes avaliados. As cultivares Araponga MG1, Catiguá MG1 e Catiguá MG2 são as mais indicadas para a produção de cafés especiais nos dois ambientes estudados. A cultivar Sacramento MG1 apresentou pontuação superior a 80 pontos. No entanto, esta cultivar demanda maiores cuidados na colheita e pós-colheita, para melhor expressão dos seus atributos sensoriais. A Análise de Componentes Principais - PCA - indicou superioridade das cultivares resistentes à ferrugem em comparação com as testemunhas Bourbon Amarelo e Topázio MG1190 para a qualidade sensorial.

Palavras-chave: Qualidade de bebida; Atributos sensoriais; Cultivares; *Coffea arabica*.

INTRODUÇÃO

A grande demanda por cafés especiais nos mercados internacional e nacional apresenta grande oportunidade para a agregação de valor ao café brasileiro, sendo justificáveis os esforços e estratégias que priorizem a melhoria da qualidade do café (GIOMO; BORÉM, 2011).

Neste propósito, os programas de melhoramento genético que envolve *C. arabica* vêm optando pela melhoria da produtividade e resistências a patógenos aliados à qualidade de bebida (CARVALHO et al., 2011). Segundo

Medina Filho e Bordignon (2003) a expressão máxima de qualidade ou seu potencial específico de sabor e aroma são basicamente determinados pela constituição genética da cultivar. Teoricamente, qualquer cultivar de café Arábica possui potencial para a produção de cafés com elevada qualidade de bebida. No entanto, até recentemente, havia paradigmas quanto à qualidade de algumas cultivares híbridas, oriundas de cruzamentos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* e outras espécies (CARVALHO et al., 2011).

Com base em critérios adotados para a avaliação de cafés especiais, Pereira et al. (2008) avaliaram genótipos de café Arábica provenientes do Programa de Melhoramento Genético da EPAMIG, e as cultivares Catiguá MG2, Catiguá MG1 e a progênie H419-6-2-5-3 (todas oriundas de cruzamentos com o ‘Híbrido de Timor’) apresentaram em pelo menos uma amostra, escores superiores a 90 pontos, indicando o seu potencial para a produção de cafés especiais.

A qualidade de bebida do café é uma característica altamente complexa, e, além da influência do componente genético nesta característica, outro fator determinante é o ambiente de cultivo (CARVALHO; CHAULFOUN, 1985).

Borém e Friedlander (2009) enfatizam que o Brasil apresenta uma pluralidade de sabores e aromas nos seus cafés, sendo esta sua marca mais notável. O Estado de Minas Gerais, por sua grande extensão territorial, apresenta várias regiões aptas para a produção de cafés com sabores e aromas distintos.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi investigar as características sensoriais das cultivares de café arábica resistentes à ferrugem e a influência da interação cultivar e ambiente nestas características.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do Experimento

Foram avaliadas sete cultivares de *Coffea arabica* L. resistentes à ferrugem, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético coordenado pela EPAMIG, em parceria com a UFV e a UFLA, e duas cultivares susceptíveis, utilizadas como testemunhas. As cultivares Bourbon Amarelo e Topázio MG1190 foram utilizadas como padrão de comparação por serem cultivares tradicionalmente cultivadas em Minas Gerais.

As cultivares estudadas estão implantadas no campo, em DBC, delineamento em blocos casualizados desde 2005, no Sul e no Cerrado de Minas Gerais, correspondendo aos municípios Lavras e Patrocínio, respectivamente.

Para melhor discussão e apresentação dos resultados, as cultivares foram codificadas de C1 até C9 (Tabela 1) e os ambientes foram codificados como A1 (Patrocínio) e A2 (Lavras).

Tabela 1 Codificação das cultivares de café arábica avaliadas no estudo

Denominação da Cultivar	Codificação
Pau Brasil MG1	C1
Paraíso MGH419-1	C2
Sacramento MG1	C3
Araponga MG1	C4
Oeiras MG 6851	C5
Catiguá MG1	C6
Catiguá MG2	C7
Topázio MG1190	C8
Bourbon Amarelo	C9

Colheita e Processamento

A colheita foi realizada quando a maioria dos frutos de café atingiu o estágio de maturação ideal, ou seja, cereja, sendo colhidos por derriça manual no pano. Posteriormente, procedeu-se a separação hidráulica dos frutos por diferença de densidade; a porção cereja, de maior densidade, foi separada da porção boia, de menor densidade. Somente frutos cereja foram ainda separados manualmente e descascados em descascador de amostras, obtendo-se o café cereja descascado (CD).

A secagem do café foi realizada logo em seguida ao processo de descascamento, na qual 8L de café cereja descascado, de cada parcela, foram dispostos uniformemente em peneiras de fundo telado de 1m² sobre terreiro pavimentado. As amostras foram revolvidas 20 vezes ao dia até que os grãos atingissem teor médio de água de 11% (b.u.).

Os procedimentos seguiram metodologia proposta por Malta e Chagas (2009) para processamento pós-colheita do café.

Após atingirem o teor de água pré-estabelecido, as amostras foram armazenadas em sacos de papel, identificadas e armazenadas por um período de 30 dias para uniformização do teor de água. Depois deste período, as amostras foram beneficiadas e os defeitos intrínsecos e extrínsecos retirados, minimizando qualquer interferência que não fosse inerente ao material genético ou ao ambiente de cultivo. A torração e a análise sensorial foram realizadas nos grãos chatos retidos nas peneiras 16 e acima (16, 17 e 18/64 avos de polegada).

Teor de água

Determinou-se o teor de água dos grãos em estufa ventilada a 105°C±1°C, durante 16 horas, conforme o padrão internacional da ISO 6673

(INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 1999).

Torração e Análise Sensorial

A torração e a análise sensorial das amostras foram realizadas com base nos protocolos descritos pela Associação Americana de Cafés Especiais – SCAA (LINGLE, 2011). Foram torrados 100g de grãos de cada amostra, até que o café atingisse o ponto de torra médio. Para isto, a temperatura e o tempo foram monitorados por termômetros e cronômetros, respeitando-se a faixa de tempo de torra entre 8 e 12 minutos.

Para a análise sensorial, um painel de juízes treinados avaliaram dez atributos (fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, equilíbrio, finalização e impressão global), que foram anotados em uma escala de 10 pontos, de acordo com a SCAA (LINGLE, 2011). A nota sensorial final foi gerada a partir do somatório dos atributos avaliados, sendo considerados especiais aqueles cafés com pontuação igual ou superior a 80 pontos.

Descrições das características sensoriais de cada amostra, percebidas pelos juízes, também foram anotadas, possibilitando maior caracterização das variedades estudadas.

Análise estatística

Avaliou-se 9 cultivares de café arábica em 2 ambientes de cultivo. Em ambos os experimentos o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com três repetições e parcelas com dez plantas cada.

Os resultados dos atributos sensoriais e as notas finais foram, primeiramente, submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças significativas no teste F, o teste de Scott-Knott foi aplicado, a 5% de significância, utilizando-se o programa computacional SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

Os dados foram ainda submetidos à análise multivariada para a melhor compreensão do efeito das variáveis estudadas. Para tanto se utilizou a análise de componentes principais (PCA) para a discriminação das amostras, a partir da interação entre cultivares e ambientes, resultando no agrupamento dos pontos de acordo com os atributos sensoriais. Para esta análise foi utilizado o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve boa classificação sensorial dos cafés apresentados aos provadores, sendo que dos 18 tratamentos avaliados (9 cultivares \times 2 ambientes), 8 apresentaram notas finais acima de 84 pontos, podendo assim serem descritos como Cafés Muito Bons e/ou Excelentes segundo a Associação Americana de Cafés Especiais – SCAA (LINGLE, 2011).

Os valores médios dos atributos sensoriais e nota sensorial final quanto as cultivares, ambiente e a interação entre as cultivares e ambientes estão dispostos na Tabela 2.

Considerando que os atributos fragrância, acidez, corpo e sabor são os principais atributos responsáveis pela distinção de diferentes perfis sensoriais do café, somente estes e a nota sensorial final foram analisados estatisticamente.

É possível identificar através da análise de variância que entre as cultivares avaliadas houve diferença significativa apenas para os atributos sabor

e acidez e também para a nota final sensorial. Segundo Giomo e Borém (2011) e Medina Filho et al. (2007) o componente genético é representativo na definição do sabor e aroma do café, e quando se consegue uniformizar outras fontes de interferência é possível encontrar diferenças na expressão do potencial genético para a qualidade de bebida entre cultivares.

Os ambientes não diferiram entre si quanto ao teste *F*, e a interação entre as cultivares e ambientes estudados apresentou diferença significativa apenas na interação com o ambiente dois (A2) também para os atributos sabor e acidez e nota final sensorial.

Avelino et al. (2005) avaliaram a influência de condições climáticas nos atributos sensoriais dos cafés de Orosi e Santa María de Dota na Costa Rica e os autores encontraram diferença significativa para acidez entre os ambientes avaliados. A região de menor altitude (Orosi) apresentou maiores valores de acidez, fato também observado no presente estudo para a maioria das cultivares avaliadas no ambiente 2 (Lavras) de menos altitude.

Para melhor compreensão do efeito de todas as variáveis estudadas, os dados foram ainda submetidos à análise multivariada, realizada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP).

Tabela 2 Notas dos atributos sensoriais de grãos de diferentes cultivares de cafés arábica e suas interações com dois ambientes: média e probabilidade de significância (*F*) determinada por análise de variância (ANAVA) de dois ambientes e nove cultivares.

cultivar/ambiente		frag	sabor	acidez	corpo	Final
C1		7,83	7,96 b	7,58 b	7,96	83,63 b
C2		7,75	8,04 b	7,58 b	7,96	83,67 b
C3		7,58	7,96 b	7,33 b	7,96	82,58 b
C4		8,17	8,42 a	7,92 a	8,04	85,46 a
C5		7,83	8,00 b	7,67 b	7,96	83,33 b
C6		8,00	8,00 b	7,63 b	8,00	83,33 b
C7		8,08	8,33 a	7,86 a	8,17	85,71 a
C8		7,75	7,83 b	7,54 b	7,92	82,58 b
C9		7,50	7,67 b	7,38 b	7,83	81,83 b
<i>F</i>		0,24	0,04	0,01	0,47	0,03
A1		7,80	8,01	7,56	7,94	83,43
A2		7,87	8,04	7,67	8,02	83,94
<i>F</i>		0,56	0,81	0,18	0,20	0,38
A1	xC1	7,67	7,92	7,42	7,92	83,00
	xC2	8,00	8,08	7,67	7,92	84,58
	xC3	7,50	7,92	7,33	7,92	82,17
	xC4	8,00	8,50	7,92	7,92	85,08
	xC5	7,67	8,00	7,33	7,92	82,67
	xC6	8,00	8,00	7,50	8,00	83,50
	xC7	8,00	8,00	7,75	8,00	84,50
	xC8	7,67	7,67	7,58	7,83	82,17
	xC9	7,67	8,00	7,50	8,00	83,17
<i>F</i>		0,93	0,60	0,35	0,89	0,80
A2	xC1	8,00	8,00 b	7,75 a	8,00	84,25 a
	xC2	7,50	8,00 b	7,50 b	8,00	83,00 b
	xC3	7,67	8,00 b	7,33 b	8,00	82,75 b
	xC4	8,33	8,33 b	7,92 a	8,17	85,83 a
	xC5	8,00	8,00 b	8,00 a	8,00	85,00 a
	xC6	8,00	8,00 b	7,75 a	8,00	84,17 a
	xC7	8,17	8,67 a	8,00 a	8,33	86,92 a
	xC8	7,83	8,00 b	7,50 b	8,00	83,00 b
	xC9	7,83	7,33 c	7,25 b	7,67	80,50 c
<i>F</i>		0,06	0,01	0,00	0,37	0,00

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot, ao nível de 5% de significância. C1 = Pau Brasil MG1, C2 = Paraíso MGH419-1, C3 = Sacramento MG1, C4 = Araponga MG1, C5= Oeiras MG6851, C6= Catiguá MG1, C7 = Catiguá MG2, C8 = Topázio MG1190, C9 = Bourbon Amarelo, A1 = Patrocínio, A2 = Lavras.

Análise de Componentes Principais (ACP)

Os biplots foram obtidos de acordo com a dispersão dos escores dos primeiros componentes principais nos eixos, sendo o primeiro componente o de maior variância explicada, seguido pelo segundo de menor variância, que corresponde ao segundo componente. Foi possível também detectar quais foram as características que mais contribuíram para os agrupamentos formados.

A Figura 1 é uma projeção dos resultados obtidos da ACP, referente à distribuição das cultivares/ambiente (A_xC_y , $x=1, 2$; $y=1, \dots, 9$), em função dos atributos e da nota sensorial final. Na representação gráfica por ACP, cada eixo ou componente principal explica uma porcentagem da variação total entre as amostras. Os dois primeiros componentes principais explicam 93,25% da variabilidade das respostas, o que demonstra ótima explicação da variação ocorrida entre as amostras, em relação aos parâmetros sensoriais.

No biplot apresentado (Figura 1), os atributos sensoriais são representados por vetores e a interação entre cultivares e ambientes (A_xC_y), por pontos. Quanto mais próximo o ângulo entre os vetores e seus comprimentos, maior a correlação entre os atributos.

O primeiro componente principal sugere semelhança entre os pontos, formando três grupos distintos de cultivares \times ambientes: o primeiro (I), com os pontos alocados na região central do biplot (A1C1, A1C3, A1C5, A1C9, A2C2, A2C3 e A2C8); o segundo (II) grupo com os pontos alocados na porção esquerda do biplot (A1C2, A1C4, A2C1, A2C4, A2C5, A1C7, A2C7, A1C6, A2C6) e um terceiro grupo alocado na porção direita inferior do biplot (A1C8 e A2C9).

Observa-se que os cafés pertencentes ao grupo III (Bourbon Amarelo e Topázio MG1190 nos ambientes Lavras e Patrocínio, respectivamente)

apresentaram baixa correlação com os atributos fragrância, sabor, acidez, corpo e menores notas finais, quando comparados ao grupo II (Figura 1).

As cultivares utilizadas como testemunhas para padrão de bebida apresentaram baixa correlação com os atributos sensoriais avaliados estando sempre alocados no grupo I e III, independente do ambiente estudado. Figueiredo (2013) a partir de análise multivariada também verificou que os genótipos de Bourbon se expressam de maneira diferente do ponto de vista sensorial, mesmo sendo a cultivar Bourbon conhecida mundialmente pela produção de cafés especiais. Para Ferreira et al. (2012) nem todo genótipo de café Bourbon tem o mesmo potencial para a produção de cafés especiais.

Chalfoun et al. (2013) avaliando as características sensoriais de diferentes cultivares de café arábica também encontrou superioridade de cultivares resistentes à ferrugem em

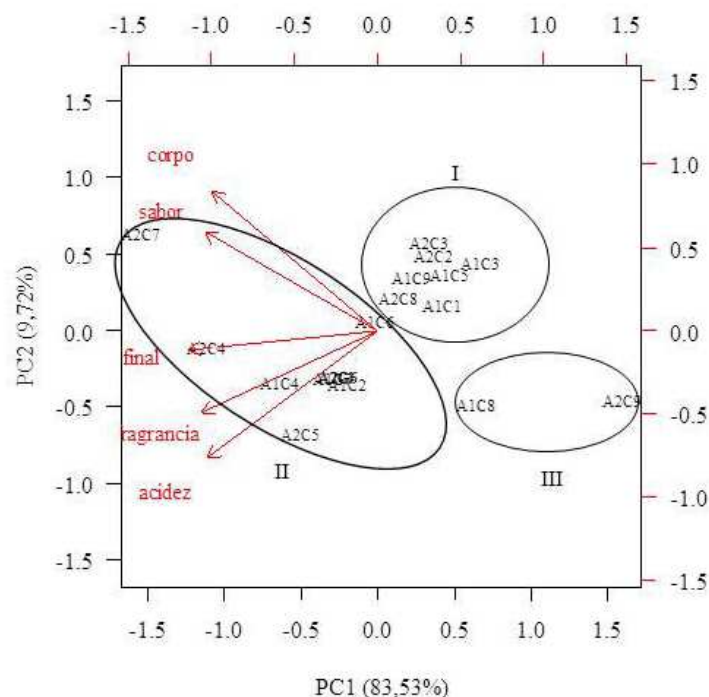


Figura 1 Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais para dados de nove cultivares (G) e dois ambientes (A), em função dos atributos e da nota sensorial final avaliados. C1 = Pau Brasil MG1, C2 = Paraíso MGH419-1, C3 = Sacramento MG1, C4 = Araonga MG1, C5= Oeiras MG6851, C6= Catiguá MG1, C7 = Catiguá MG2, C8 = Topázio MG1190, C9 = Bourbon Amarelo, A1 = Patrocínio, A2 = Lavras.

comparação à cultivar Topázio MG1190 em Patrocínio. Em suas pesquisas, os autores demonstraram que esta cultivar apresentou pontuação inferior a 80 pontos, não sendo classificada como café especial.

Os atributos fragrância, sabor, acidez e corpo foram determinantes para a discriminação dos cafés, caracterizando, portanto, o primeiro componente principal (Tabela 3). Como as correlações de cada parâmetro sensorial com o componente principal 1 são negativas, isto indica que altos valores (notas) desses parâmetros implicam em baixos valores para os valores preditos (escores) dessa componente principal. O mesmo ocorre para a nota final.

Tabela 3 Correlações entre os parâmetros avaliados (nota final e atributos sensoriais) e os dois primeiros componentes principais.

Parâmetros	PC1	PC2
Fragrância	-0,9192	-0,2506
Sabor	-0,9015	0,2980
Acidez	-0,8894	-0,3893
Corpo	-0,8642	0,4237
Final	-0,9904	-0,0587

A partir dos agrupamentos formados e ajuste dos componentes principais, é possível verificar o comportamento das cultivares do ponto de vista sensorial por meio dos escores de cada ponto amostral, que é formado pela interação cultivar \times ambiente.

Observa-se que os cafés agrupados à esquerda do biplot (grupo II) apresentam maior intensidade dos atributos fragrância, sabor, acidez e corpo (Figura 1) e também maiores notas finais (Tabela 2). Todas as cultivares alocadas neste grupo apresentaram notas acima de 84 pontos e, portanto apresentam potencial para produção de cafés especiais nos ambientes estudados, destacando a cultivar C7 (Catiguá MG2) no município de Lavras (A2), que apresentou 86,92 pontos.

Com base no agrupamento II, nota-se que as cultivares C4, C6 e C7 (Araponga MG1, Catiguá MG1 e Catiguá MG2 respectivamente) obtiveram boa expressão sensorial, independente do ambiente de cultivo. Já as cultivares C1 e C5 (Pau Brasil MG1 e Oeiras MG6851) se expressam melhor quando cultivadas em Lavras, e a cultivar Paraíso MGH419-1 (C2) em Patrocínio. Estes resultados corroboram com o proposto por Malta e Chagas (2009) de que a interação genótipo e ambiente pode provocar diferenças expressivas na qualidade do café.

A composição química e a qualidade de bebida de cultivares tradicionais e híbridas de *C. arabica* em diferentes países da América Central foram avaliadas por Bertrand et al. (2006), e os autores também observaram que, dependendo do local de plantio, algumas cultivares se sobressaem

sensorialmente melhor que outras cultivares, independente de serem híbridas ou não. Segundo Scholz et al. (2013) uma mesma cultivar apresenta comportamentos diferenciados em diferentes locais, não sendo possível associar características sensoriais específicas para cada cultivar.

A cultivar Sacramento MG1 (C3), mesmo obtendo notas superiores a 80 pontos (Tabela 2), não apresentou correlação positiva com os atributos sensoriais fragrância, sabor, corpo e acidez em nenhum dos dois ambientes estudados, estando sempre alocada no grupo I. Este fato também foi observado por Scholz et al. (2013). Os autores relatam que as cultivares IPR 100 e IPR 104 apresentaram menor correlação com os atributos aroma e corpo nos dois ambientes estudados. Isto demonstra que o componente genético é um dos fatores que mais determina a qualidade de bebida do café arábica (PEREIRA et al., 2010). Recomenda-se cuidados especiais na condução desta cultivar em ambas as regiões cafeeiras para melhor expressão dos seus atributos sensoriais.

As Figuras 2A e 2B apresentam os escores das interações cultivares \times ambientes para o primeiro e segundo componente principal, respectivamente.

Observa-se que, para o PC1, o café A2C7 (Catiguá MG2/Lavras) apresentou maior escore negativo, sendo portanto, o café com melhores notas sensoriais e final, seguido do café A2C4 (Araponga/Lavras). Neste caso o ambiente Lavras quando combinado com as cultivares Catiguá MG2 e Araponga MG1 destaca-se para a produção de cafés especiais. De acordo com resultados apresentados por Chagas, Malta e Pereira (2005) com base em dados de 22 cidades, a região Sul de Minas Gerais apresenta características desejáveis para a produção de cafés de qualidade superior.

Os cafés A2C8 (Topázio/Lavras), A1C6 (Catiguá MG1/Patrocínio) e A1C2 (Paraíso MGH419-1/Patrocínio) podem ser considerados como cafés intermediários, uma vez que seus escores apresentaram valores próximos de zero.

Ainda de acordo com a Figura 2A, a cultivar A2C9 (Bourbon Lavras) apresentou o maior escore positivo, e portanto é o café com as piores notas sensoriais e final.

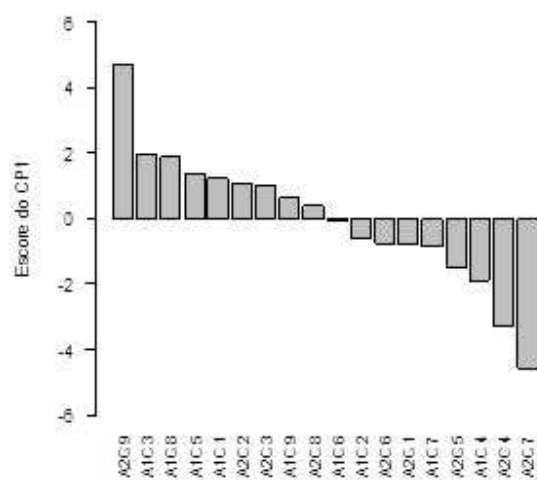


Figura 2A Escores do CP1 com os coeficientes da Tabela 6.

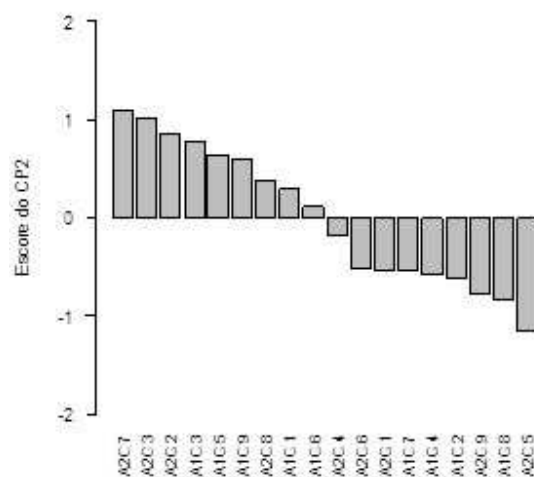


Figura 2B Escores do CP2 com os coeficientes da Tabela 6.

A segunda componente pode ser vista como uma comparação entre as notas de Fragrância e Acidez com as notas de Sabor e Corpo, ou seja, altas notas do primeiro par implicam em baixas notas para o segundo par, de acordo com os coeficientes ajustados do segundo componente principal (Tabela 4). Logo, cafés que receberam notas semelhantes para esses quatro parâmetros, têm escores próximos de zero e podem ser ditos como cafés com notas equilibradas. Os cafés A1C6 (Catiguá MG1/Patrocínio) e A2C4 (Araponga MG1/Lavras) têm essa característica. O café A2C7 (Catiguá MG2/Lavras) apresenta altos valores para Sabor e Corpo enquanto o café A2C5 (Oeiras MG6851/Lavras) apresenta maiores valores para os atributos Fragrância e Acidez.

Tabela 4 Coeficientes dos parâmetros avaliados (nota final e atributos sensoriais) para os dois primeiros componentes principais.

Parâmetros	PC1	PC2
Fragrância	-0,450	-0,359
Sabor	-0,441	0,427
Acidez	-0,435	-0,558
Corpo	-0,423	0,608
Final	-0,485	0,000

A descrição das características sensoriais dessas cultivares foi estabelecida pelos provadores. A cultivar A2C7 (Catiguá MG2/Lavras) foi descrita como um ótimo café, doce, prazeroso, com aroma doce caramelado e acidez leve, com corpo cremoso e aveludado, sabor frutado muito doce que lembra mel e frutas passas. A cultivar A2C4 (Araponga MG1/Lavras) foi descrita como um café equilibrado com aroma floral, acidez viva e adocicada, com corpo macio e aveludado, sabor de caramelo e chocolate ao leite.

Embora as descrições estabelecidas pelos provadores seja complexa e subjetiva, estas demonstram o ocorrido na análise estatística, na qual as cultivares que apresentaram escores equilibrados bem como maiores escores para fragrância/acidez, corpo/sabor, também apresentaram estas características mais pronunciadas na análise sensorial.

CONCLUSÃO

As cultivares de café arábica resistentes à ferrugem oriundas do Híbrido de Timor possuem potencial para produção de cafés especiais, havendo interação entre o genótipo e o ambiente para algumas cultivares.

As cultivares resistentes à ferrugem analisadas neste estudo apresentaram-se superiores à cultivar Bourbon Amarelo, dita como padrão de qualidade de bebida, com destaque para as cultivares Catiguá MG2 e Araponga MG1 independente do ambiente avaliado.

Os atributos sabor e acidez foram determinantes para separar as cultivares. Aspectos como acidez viva e adocicada, aroma doce caramelado, sabor de caramelo e chocolate, sabor frutado muito doce que lembra mel, foram algumas das características sensoriais apresentadas pelas cultivares resistentes à ferrugem.

REFERÊNCIAS

- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, Aug. 2005.
- BERTRAND, B. et al. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving sudanese-ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree Physiology**, Cary, v. 26, n. 9, p. 1239-1248, Sept. 2006.
- BORÉM, F. M.; FRIEDLANDER, D. Navigating origins. **Roast Magazine**, Portland, v. 4, n. 4, p. 95-95, Sept./Oct. 2009.
- CARVALHO, G. R. et al. Melhoramento genético do café visando à qualidade de bebida. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 30-38, mar./abr. 2011.
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, jun. 1985.
- CHAGAS, S. J. R.; MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Potencial da região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais: I., atividade da polifenoxidase, condutividade elétrica e lixiviação de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 590-597, maio/jun. 2005.
- CHALFOUN, S. M. et al. Sensorial characteristics of coffee (*Coffea Arabica*): varieties in the Alto Paranaíba Region. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 43-52, Jan./Mar. 2013.
- FERREIRA, A. D. et al. Análise sensorial de diferentes genótipos de cafeeiro Bourbon. **Interciencia**, Catanduva, v. 37, n. 5, p. 390-394, maio 2012.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 7-16, mar./abr. 2011.

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

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4th ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região Sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Colheita, preparo e secagem. In: REIS, P. R. (Ed.). **Café Arábica**: do plantio à colheita. Lavras: EMBRAPA, 2010. p. 758-805.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 24-26, 2003.

MEDINA FILHO, H. P. et al. Breeding of Arabica coffee at IAC, Brazil: objectives, problems, and prospects. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 745, n. 25, p. 393-408, June 2007.

PEREIRA, A. A. et al. Cup quality of new cultivars derived from Híbrido de Timor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Abstracts...** Montpellier: Association for Science and Information on Coffee, 2008. p. 143.

PEREIRA, A. A. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

SCHOULZ, M. B. dos S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do Iapar. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, jan./mar. 2013.

(VERSÃO PRELIMINAR DO ARTIGO)

ARTIGO 2 **Correlação entre atributos químicos e sensoriais de grãos de café arábica resistentes à ferrugem em dois ambientes de Minas Gerais**

RESUMO

Considerando a importância dos compostos químicos de grãos de café arábica na definição da qualidade sensorial da bebida e na autenticação de regiões cafeeiras, visando a produção de cafés especiais, objetivou-se com o presente trabalho avaliar, a partir de análise de componentes principais, se existe relação entre os conteúdos de cafeína, trigonelina e 5-ACQ e o perfil de ácidos graxos com os atributos sensoriais da bebida, e, neste contexto, possibilitar a diferenciação das cultivares em dois locais de Minas Gerais. Sete cultivares de *C. arabica* portadoras de resistência à ferrugem, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético coordenado pela EPAMIG, em parceria com a UFV e UFLA, e duas cultivares suscetíveis (Bourbon Amarelo e Topázio MG1190) foram avaliadas em dois ambientes de cultivo: Lavras, na região Sul de Minas e Patrocínio, na região Cerrado de Minas. Os conteúdos de cafeína, trigonelina e 5-ACQ não apresentaram boa correlação com os atributos fragrância, sabor, acidez, corpo e nota final. Contudo os compostos cafeína, trigonelina e 5-ACQ permitiram a diferenciação dos ambientes. Dentre os ácidos graxos encontrados nos grãos, detectou-se a presença de um ácido incomum em cafés, o ácido gamma-linolênico (C18:3 ω -6, GLA). Os ácidos graxos palmítico, palmitoleico e linoleico apresentaram correlação com a qualidade sensorial da bebida. Os ácidos graxos insaturados, linoleico, linolênico e gamma-linolênico foram capazes de discriminar o ambiente Patrocínio.

Palavras-chave: Avaliação química; Cromatografia; Análise de Componentes Principais, Cultivares.

INTRODUÇÃO

O sabor característico do café deve-se à presença e aos teores de vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, tais como aldeídos, ácidos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos e compostos fenólicos (VILAS BOAS et al., 2001). Segundo Franca, Mendonça e Oliveira (2005), as características de *flavor* e aroma do café são resultado de uma combinação de milhares de compostos químicos produzidos através das reações que ocorrem durante a torração, sendo os constituintes dos grãos verdes os precursores do sabor final da bebida do café.

Muitos esforços têm sido feitos nos últimos anos para encontrar métodos eficientes que determinem com exatidão a composição química dos grãos de cafés das duas espécies comercialmente mais importantes de café: *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (SPEER; KOLLING-SPEER, 2006). O conhecimento da composição química dos grãos permite diferenciar as espécies e autenticar a região geográfica, ou seja, determinar cafés *terroirs*. De acordo com Bertrand et al. (2008) os conteúdos de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico, bem como o perfil de ácidos graxos, são potenciais diferenciadores de espécies e ambientes.

O café é rico em lipídios, com níveis variáveis para as espécies Arábica e Robusta. O conteúdo para grãos arábica varia entre 12 a 18%, e para grãos robusta entre 9 a 14% (CLIFFORD, 1985). Os lipídios desempenham papel importante na qualidade sensorial de várias plantas (GUTKOSKI et al., 1999) e, no caso específico do café, os lipídeos podem ser considerados como potenciais contribuintes para a perda de qualidade, devido à sua oxidação e desenvolvimento de *off-flavors* (FRANKEL, 2005). No entanto, durante o processo de torração, esses lipídios podem migrar para a superfície dos grãos, criando uma barreira natural contra a perda de compostos voláteis, determinantes na qualidade final da bebida, além de contribuírem para a formação de compostos aromáticos importantes (PIMENTA, 2003). Dentre os ácidos graxos encontrados nas sementes de café, alguns estudos recentes têm demonstrado a influência dos ácidos palmítico, esteárico, elaídico, oleico, linoleico, linolênico e araquídico na qualidade dos cafés e também na diferenciação de ambientes (BERTRAND et al., 2008; FIGUEIREDO, 2013; JHAM et al., 2010; VILLARREAL et al., 2009).

Muitos estudos têm avaliado os níveis de cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos em grãos de café tanto para discriminação de espécies quanto para avaliação do grau de torra, qualidade da bebida e propriedades funcionais

(BICCHI et al., 1995; DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010; FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005; MALTA; CHAGAS, 2009; TEIXEIRA et al., 2012; VIGNOLI et al., 2013).

A importância desses compostos está relacionada com a função dos mesmos como precursores de compostos voláteis que contribuem para o sabor e aroma do café torrado. Farah et al. (2006) identificaram relação entre a qualidade e o teor de trigonelina nos grãos crus, sendo que baixos valores foram observados em cafés de bebida Rio e altos valores em cafés de bebida Mole. Quanto à cafeína, Dessalegn et al. (2008) constataram que este composto apresenta relação negativa com os atributos sensoriais da bebida como a acidez, o corpo e o sabor. No entanto, Franca, Mendonça e Oliveira (2005), encontraram maiores teores deste composto em cafés de melhor qualidade. O ácido clorogênico é o composto fenólico presente em maior proporção nos grãos de café, e sua influência no café é relatada quanto à adstringência característica da bebida (MOREIRA; TRUGO; MARIA, 2000). Farah et al. (2006) relataram fortes relações entre as concentrações e o tipo de isômeros do ácido clorogênico e cafés de baixa qualidade sensorial.

Segundo Borém et al. (2013), a qualidade sensorial e química dos grãos de cafés são fatores relevantes para a produção de cafés especiais. Quando os atributos sensoriais e os compostos químicos do café são analisados, as possíveis diferenças encontradas entre eles estão basicamente relacionadas às variedades e espécies de café e aos ambientes de cultivo.

Novas cultivares resultantes de cruzamentos artificiais ou de hibridações naturais são encontradas nos diversos institutos de pesquisa com a finalidade de oferecer alternativas de controle às doenças e pragas ou ainda possuir uma característica agrônômica favorável (SCHOLZ et al., 2011). Contudo, poucos estudos são desenvolvidos no intuito de conhecer o potencial químico e sensorial dessas cultivares. Neste sentido, Chalfoun et al. (2013) e Pereira et al. (2008)

quebraram o paradigma ainda existente de que as cultivares oriundas do cruzamento entre a espécie *C. arabica* e o ‘Híbrido de Timor’ não produzem cafés com qualidade de bebida superior.

Sabe-se que além do componente genético, a qualidade final do café é fortemente influenciada pelas condições climáticas (ALVES et al., 2011; AVELINO et al., 2005). Minas Gerais, devido à sua grande extensão territorial e variação ambiental, possibilita a produção de cafés de qualidade com grande diversidade de sabores e aromas.

O objetivo deste trabalho foi constatar se há relação entre os conteúdos de compostos bioativos e ácidos graxos com os atributos sensoriais encontrados em cultivares de café arábica resistentes à ferrugem, bem como verificar se existem alterações na composição química dos grãos dessas cultivares em função das condições ambientais que possibilitem a diferenciação das cultivares em diferentes ambientes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do Experimento

Foram avaliadas sete cultivares de *Coffea arabica* L. resistentes à ferrugem, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético coordenado pela EPAMIG, em parceria com a UFV e a UFLA, e duas cultivares susceptíveis, utilizadas como testemunhas. As cultivares Bourbon Amarelo e Topázio MG1190 foram utilizadas como padrão de comparação por serem cultivares tradicionalmente cultivadas em Minas Gerais.

As cultivares estudadas estão implantadas no campo, em DBC, delineamento em blocos casualizados desde 2005, no Sul e no Cerrado de Minas Gerais, correspondendo aos municípios Lavras e Patrocínio, respectivamente.

Para melhor discussão e apresentação dos resultados, as cultivares foram codificadas de C1 até C9 (Tabela 1) e os ambientes foram codificados como A1 (Patrocínio) e A2 (Lavras).

Tabela 1 Codificação das cultivares de café arábica avaliadas no estudo

Denominação da Cultivar	Codificação
Pau Brasil MG1	C1
Paraíso MGH419-1	C2
Sacramento MG1	C3
Araponga MG1	C4
Oeiras MG 6851	C5
Catiguá MG1	C6
Catiguá MG2	C7
Topázio MG1190	C8
Bourbon Amarelo	C9

Colheita e Processamento

A colheita foi realizada quando a maioria dos frutos de café atingiu o estágio de maturação ideal, ou seja, cereja, sendo colhidos por derriça manual no pano. Posteriormente, procedeu-se a separação hidráulica dos frutos por diferença de densidade, a porção cereja, de maior densidade foi separada da porção boia, de menor densidade. Somente frutos cereja foram ainda separados manualmente e descascados em descascador de amostras, obtendo-se o café cereja descascado (CD).

A secagem do café foi realizada logo em seguida ao processo de descascamento, na qual 8L de café cereja descascado, de cada parcela, foram dispostos uniformemente em peneiras de fundo telado de 1m² sobre terreiro

pavimentado. As amostras foram revolvidas 20 vezes ao dia até que os grãos atingissem teor médio de água de 11% (b.u.).

Os procedimentos seguiram metodologia proposta por Malta e Chagas (2009) para processamento pós-colheita do café.

Após atingirem o teor de água pré-estabelecido, as amostras foram armazenadas em sacos de papel, identificadas e armazenadas por um período de 30 dias para uniformização do teor de água. Depois deste período, as amostras foram beneficiadas e os defeitos intrínsecos e extrínsecos retirados, minimizando qualquer interferência que não fosse inerente ao material genético ou ao ambiente de cultivo. A torração e a análise sensorial foram realizadas nos grãos chatos, retidos nas peneiras 16 e acima (16, 17 e 18/64 avos de polegada).

Teor de água

Determinou-se o teor de água dos grãos em estufa ventilada a $105^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 16 horas, conforme o padrão internacional da ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 1999).

Torração e Análise Sensorial

A torração e a análise sensorial das amostras foram realizadas com base nos protocolos descritos pela Associação Americana de Cafés Especiais – SCAA (LINGLE, 2011). Foram torrados 100g de grãos de cada amostra até que o café atingisse o ponto de torra médio, para isto a temperatura e o tempo foram monitorados por termômetros e cronômetros, respeitando-se a faixa de tempo de torra entre 8 e 12 minutos.

Para a análise sensorial, um painel de juízes treinados avaliaram dez atributos (fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor,

acidez, corpo, equilíbrio, finalização e impressão global), que foram anotados em uma escala de 10 pontos, de acordo com a SCAA (LINGLE, 2011). A nota sensorial final foi gerada a partir do somatório dos atributos avaliados, sendo considerados especiais aqueles cafés com pontuação igual ou superior a 80 pontos.

Descrições das características sensoriais de cada amostra percebidas pelos juízes também foram anotadas, possibilitando maior caracterização das variedades estudadas.

Extração dos Compostos Químicos

Compostos Bioativos

A extração dos compostos cafeína, ácido-5-cafeiolquínico (5-ACQ) e trigonelina foi realizada de acordo com metodologia adaptada de Vitorino et al. (2001), na qual 100 mg de café cru moído foram colocados em tubos com tampa rosqueável, devidamente codificados 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, 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 Shimadzu.

Ácidos Graxos

Os ácidos graxos foram extraídos das amostras de acordo com Folch, Lees e Stanley (1957). Para tanto, realizou-se a separação das fases polar e

apolar utilizando-se solução clorofórmio/metanol (2:1) + butilhidroxitolueno ($0,025\text{g.L}^{-1}$) em 5 g de café cru moído ao funil de separação (500 mL), ao qual foram acrescentados de solução de cloreto de potássio (KCl 0,72%).

A esterificação foi realizada utilizando-se NaOH 0,5M em metanol, reagente esterificante, NaCl saturado e hexano. A secagem do clorofórmio e do hexano foi realizada com nitrogênio gasoso.

Determinação quantitativa de Compostos Bioativos

As concentrações dos compostos bioativos foram determinadas simultaneamente, utilizando-se cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). O sistema operou com válvula de injeção Prominence Shimadzu modelo SIL – 20AHT, com loop fixo de 20 μl e processador da marca Shimadzu. Utilizou-se coluna de fase reversa C18 Shim-pack CLC-ODS (M), da marca Shimadzu ($5\mu\text{m}$, 150mm x 4,6 mm), com pré coluna de 4 μm . A eluição foi isocrática com fase móvel composta por metanol:ácido acético:água (25:0,5:74,5), vazão de 1ml/min, a 30°C.

As concentrações de cafeína, trigonelina e 5-ACQ foram determinadas pela relação entre as áreas dos picos de cada composto da amostra e a dos respectivos padrões conhecidos. Os teores finais foram expressos em porcentagem de matéria seca.

Determinação do Perfil de Ácidos Graxos

As análises foram realizadas em Cromatógrafo a gás modelo CG – 17 A Detector de Chama (FID) marca Shimadzu. Para registro e análise dos cromatogramas, o aparelho é acoplado a um microcomputador, utilizando-se o

programa GC Solution. Os compostos foram separados e identificados em uma coluna capilar Carbowax (30 m x 0,25 mm).

Para a separação cromatográfica, 1 μL de amostra foi injetado com auxílio de seringa de 10 μL (Hamilton®) em sistema Split = 5. O gás Nitrogênio foi utilizado como carreador com velocidade linear programada para 37,8 cm/s .

As temperaturas do injetor e do detector foram controladas isotérmicas em 220°C e 240°C. A temperatura inicial da coluna foi de 200°C (mantida por 2 minutos), aumentando em 4°C por minuto até atingir 240°C totalizando 20 minutos de análise. O Fluxo do gás de arraste na coluna foi de 1,0 mL/minuto.

A identificação dos compostos foi realizada através do tempo de retenção do padrão correspondente. Os teores finais foram expressos em porcentagem e os seguintes ácidos graxos foram identificados: palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2 ω -6), GLA – gama linolênico (C18:3 ω -6) e linolênico (C18:3 ω -3).

Análise estatística

Avaliou-se nove cultivares de café arábica em dois ambientes de cultivo. Em ambos os experimentos o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com três repetições e parcelas com dez plantas cada.

Os resultados dos atributos sensoriais, notas finais e composição de bioativos e ácidos graxos foram primeiramente, submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças significativas no teste *F*, o teste de Scott-Knott foi aplicado, a 5% de significância, utilizando-se o programa computacional SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Os dados foram ainda submetidos à análise multivariada para a melhor compreensão do efeito das variáveis estudadas. Para tanto utilizou-se a análise de componentes principais (PCA) para a discriminação das amostras a partir da

interação entre cultivares e ambientes, resultando no agrupamento dos pontos de acordo com os atributos sensoriais e composição química. Para esta análise foi utilizado o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de ácidos graxos (%), cafeína, 5-ACQ, trigonelina (% m.s.), as notas dos atributos sensoriais, a nota final sensorial para cada cultivar e os ambientes estudados, bem como a interação entre as cultivares e os ambientes estão dispostos na Tabela 2.

Os valores médios encontrados neste trabalho para os compostos cafeína, 5-ACQ e trigonelina estão de acordo com o reportado em trabalhos anteriores para grãos crus de *C. arabica* (AVELINO et al., 2005; BERTRAND et al., 2008; DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010; JOET et al., 2010; KY et al., 2001; MENDONÇA et al., 2007; SILVA et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2012; VIGNOLI et al., 2013).

A cromatografia gasosa permitiu encontrar sete ácidos graxos nos grãos crus de café arábica, sendo cinco deles extensivamente estudados em trabalhos anteriores com café, são eles: ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico e ácido linolênico (AMELIO et al., 2013; BERTRAND et al., 2008; JHAM et al., 2008; JOET et al., 2010; MARTÍN et al., 2001; VILLARREAL et al., 2009; WAGEMAKER et al., 2011). Foi determinado também a presença dos ácidos palmitoleico e gama-linolênico; no entanto, pouco se sabe sobre a expressão destes em grãos de café.

Tabela 2 Notas dos atributos sensoriais e valores médios de cafeína, 5-ACQ, trigonelina e ácidos graxos de grãos de diferentes cultivares de café arábica e suas interações com dois ambientes: média e probabilidade de significância (*F*) determinada por análise de variância (ANAVA) de dois ambientes e nove cultivares.

cult./ambiente	Frag	sabor	acidez	corpo	final	trigon.	5ACQ	cafeína	
C1	7,83	7,96 b	7,58 b	7,96	83,63 b	1,61	4,15 c	1,28	
C2	7,75	8,04 b	7,58 b	7,96	83,67 b	1,61	5,06 b	1,36	
C3	7,58	7,96 b	7,33 b	7,96	82,58 b	1,57	5,74 a	1,47	
C4	8,17	8,42 a	7,92 a	8,04	85,46 a	1,52	3,88 c	1,28	
C5	7,83	8,00 b	7,67 b	7,96	83,33 b	1,33	3,23 d	1,23	
C6	8,00	8,00 b	7,63 b	8,00	83,33 b	1,70	4,45 c	1,49	
C7	8,08	8,33 a	7,86 a	8,17	85,71 a	1,65	3,88 c	1,32	
C8	7,75	7,83 b	7,54 b	7,92	82,58 b	1,52	3,83 c	1,33	
C9	7,50	7,67 b	7,38 b	7,83	81,83 b	1,65	4,17 c	1,45	
<i>F</i>	0,24	0,04	0,01	0,47	0,03	0,30	0,00	0,32	
A1	7,80	8,01	7,56	7,94	83,43	1,65 a	4,48a	1,31	
A2	7,87	8,04	7,67	8,02	83,94	1,49 b	4,05b	1,40	
<i>F</i>	0,56	0,81	0,18	0,20	0,38	0,02	0,02	0,16	
A1	xC1	7,67	7,92	7,42	7,92	83,00	1,75	4,32 c	1,21 b
	xC2	8,00	8,08	7,67	7,92	84,58	1,77	5,45 b	1,51 a
	xC3	7,50	7,92	7,33	7,92	82,17	1,64	6,12 a	1,45 a
	xC4	8,00	8,50	7,92	7,92	85,08	1,37	3,40 d	1,05 c
	xC5	7,67	8,00	7,33	7,92	82,67	1,51	3,43 d	1,30 b
	xC6	8,00	8,00	7,50	8,00	83,50	1,82	4,67 c	1,36 b
	xC7	8,00	8,00	7,75	8,00	84,50	1,78	4,45 c	1,36 b
	xC8	7,67	7,67	7,58	7,83	82,17	1,66	4,47 c	1,36 b
	xC9	7,67	8,00	7,50	8,00	83,17	1,58	3,97 c	1,24 b
<i>F</i>		0,93	0,60	0,35	0,89	0,80	0,25	0,00	0,04
A2	xC1	8,00	8,00 b	7,75 a	8,00	84,25 a	1,48	3,98 b	1,35 b
	xC2	7,50	8,00 b	7,50 b	8,00	83,00 b	1,44	4,66 b	1,22 b
	xC3	7,67	8,00 b	7,33 b	8,00	82,75 b	1,50	5,37 a	1,48 a
	xC4	8,33	8,33 b	7,92 a	8,17	85,83 a	1,67	4,36 b	1,52 a
	xC5	8,00	8,00 b	8,00 a	8,00	85,00 a	1,16	3,02 c	1,15 b
	xC6	8,00	8,00 b	7,75 a	8,00	84,17 a	1,58	4,23 b	1,62 a
	xC7	8,17	8,67 a	8,00 a	8,33	86,92 a	1,53	3,31 c	1,27 b
	xC8	7,83	8,00 b	7,50 b	8,00	83,00 b	1,37	3,20 c	1,31 b
	xC9	7,83	7,33 c	7,25 b	7,67	80,50 c	1,71	4,36 b	1,65 a
<i>F</i>		0,06	0,01	0,00	0,37	0,00	0,27	0,00	0,04

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot, ao nível de 5% de significância. C1 = Pau Brasil MG1, C2 = Paraíso MGH419-1, C3 = Sacramento MG1, C4 = Araponga MG1, C5= Oeiras MG6851, C6= Catiguá MG1, C7 = Catiguá MG2, C8 = Topázio MG1190, C9 = Bourbon Amarelo, A1 = Patrocínio, A2 = Lavras.

Continuação...

cult./ambiente		C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2 ω -6	C18:3 ω -6	C18:3 ω -3 (GLA)
C1		27,01 b	0,93 a	6,04	9,44	41,44 b	1,54 a	1,52 b
C2		30,53 a	0,74 a	5,88	8,77	40,70 b	1,46 a	1,65 a
C3		24,70 b	0,47 b	5,74	9,39	44,21 a	1,66 a	2,13 a
C4		28,36 a	0,00 c	5,43	9,15	43,65 a	1,04 b	0,00 c
C5		26,22 b	0,89 a	6,74	8,84	42,65 a	1,45 a	1,90 a
C6		27,50 b	0,51 b	6,39	8,93	43,27 a	1,53 a	0,89 b
C7		29,74 a	0,55 b	6,66	10,03	39,10 b	1,29 a	1,66 a
C8		25,10 b	0,23 c	5,39	10,04	43,28 a	0,63 b	0,72 b
C9		24,06 b	0,00 c	5,85	9,57	44,28 a	0,62 b	0,86 b
<i>F</i>		0,00	0,00	0,28	0,36	0,02	0,02	0,00
A1		25,79 b	0,34 b	6,23	9,21	43,85 a	1,24	0,95 b
A2		28,26 a	0,62 a	5,79	9,49	41,17 b	1,25	1,57 a
<i>F</i>		0,01	0,01	0,16	0,41	0,00	0,95	0,00
A1	xC1	25,74 a	0,93 a	6,93	9,78	40,75 b	1,56 b	1,53 a
	xC2	30,21 a	0,75 a	6,02	8,03	39,56 b	1,36 c	1,73 a
	xC3	25,94 a	0,00 b	5,74	9,35	46,50 a	1,33 c	2,14 a
	xC4	28,10 a	0,00 b	5,03	8,18	44,25 a	2,08 a	0,00 b
	xC5	28,14 a	0,65 a	6,66	9,01	43,43 a	1,65 b	1,61 a
	xC6	23,16 b	0,73 a	7,10	9,51	46,05 a	1,58 b	0,00 b
	xC7	28,19 a	0,00 b	7,40	10,21	40,93 b	1,61 b	1,51 a
	xC8	21,43 b	0,00 b	5,37	8,59	47,74 a	0,00 d	0,00 b
	xC9	21,19 b	0,00 b	5,84	10,23	45,42 a	0,00 d	0,00 b
<i>F</i>		0,01	0,00	0,46	0,14	0,00	0,00	0,00
A2	xC1	28,27 b	0,93 a	5,15 b	9,10 c	42,13	1,51 a	1,51 a
	xC2	30,86 a	0,74 a	5,75 b	9,52 b	41,85	1,57 a	1,57 a
	xC3	23,46 d	0,94 a	5,74 b	9,43 b	41,92	1,99 a	2,13 a
	xC4	28,62 b	0,00 c	5,82 b	10,12 b	43,06	0,00 b	0,00 b
	xC5	24,29 d	1,13 a	6,82 a	8,67 c	41,87	1,25 a	2,19 a
	xC6	31,83 a	0,29 b	5,69 b	8,36 c	40,49	1,49 a	1,79 a
	xC7	31,29 a	1,09 a	5,92 b	9,85 b	37,26	0,97 a	1,80 a
	xC8	28,77 b	0,46 b	5,41 b	11,49 a	38,83	1,26 a	1,44 a
	xC9	26,94 c	0,00 c	5,86 b	8,90 c	43,15	1,23 a	1,72 a
<i>F</i>		0,00	0,00	0,04	0,00	0,15	0,00	0,00

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot, ao nível de 5% de significância. C1 = Pau Brasil MG1, C2 = Paraíso MGH419-1, C3 = Sacramento MG1, C4 = Araponga MG1, C5= Oeiras MG6851, C6= Catiguá MG1, C7 = Catiguá MG2, C8 = Topázio MG1190, C9 = Bourbon Amarelo, A1 = Patrocínio, A2 = Lavras. C16:0 = ácido palmítico, C16:1 = ácido palmitoléico, C18:0 = esteárico, C18:1 = oleico, C18:2 ω -6 = linoleico, C18:3 ω -6 (GLA) = gamma-linolênico, C18:3 ω -3 = linolênico.

Relação entre compostos bioativos e características sensoriais

Houve diferença significativa para o teste F entre as cultivares quanto aos atributos sabor e acidez e também para nota sensorial final. Entre os ambientes não houve diferença significativa para nenhum dos atributos sensoriais. Para as interações ocorridas entre as cultivares e os dois ambientes nota-se que houve diferença significativa entre as cultivares e o ambiente A2 (Lavras), também para os atributos sabor e acidez e nota sensorial final (Tabela 2).

A constituição genética das plantas de *C. arabica* determina as principais diferenças de sabor observadas na bebida do café (PEREIRA et al., 2010), a interação genótipo e ambiente também pode provocar diferenças na qualidade do café (MALTA; CHAGAS, 2009). Isto justifica a diferenciação das cultivares estudadas e a interação das mesmas com o ambiente A2 para os atributos acidez, sabor e também nota sensorial final.

Os compostos bioativos do café apresentaram diferenças significativas pelo teste F (Tabela 2). Sendo que, entre as cultivares avaliadas houve diferenciação somente para o composto 5-ACQ e, entre os ambientes, para os compostos trigonelina e 5-ACQ. Quanto à interação entre as cultivares e os ambientes houve diferenciação significativa para os compostos 5-ACQ e cafeína.

Os valores mínimos e máximos, 3,23% e 5,74% encontrados para 5-ACQ entre as cultivares pode ser resultado de herança genética de *C. arabica* e *C. canephora*, uma vez que as cultivares resistentes à ferrugem são produzidas a partir de cruzamentos entre estas duas espécies. Maiores valores de 5-ACQ são encontrados para a espécie *C. canephora* quando comparados aos conteúdos em *C. arabica* (DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010; FARAH; DONANGELO, 2006). Monteiro e Farah (2012) observaram valores bastante semelhantes para

5-ACQ entre as cultivares Mundo Novo (3,6 g.100g⁻¹), Bourbon (3,9 g.100g⁻¹), Catuaí Vermelho (3,7 g.100g⁻¹) e Catuaí Amarelo (3,9 g.100g⁻¹), enquanto Duarte, Pereira e Farah (2010) observaram entre 11 híbridos resultantes do cruzamento de *C. arabica* com 'Híbrido de Timor' variabilidade nos valores de 5-ACQ, de 2,9 a 4,3 g.100g⁻¹.

Avelino et al. (2005) avaliaram cafés de duas altitudes na Costa Rica e encontraram maiores valores de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico para os cafés cultivados em maior altitude. No presente estudo, apenas os valores de trigonelina e ácido clorogênico (5-ACQ) foram capazes de diferenciar os ambientes, sendo os conteúdos de trigonelina e 5-ACQ maiores em Patrocínio (A1).

A variação das condições climáticas interfere na formação e maturação dos frutos, alterando suas características intrínsecas que podem permitir diferenças na qualidade da bebida (DAL MOLIN et al., 2008). Embora os ambientes estudados não tenham apresentado diferenças quanto aos valores de cafeína, a interação dos mesmos com as diferentes cultivares apresentou diferenças. Tal fato é explicado por Pearl et al. (2004), que relatam que os teores de cafeína nos grãos de café são genotipicamente definidos de forma quantitativa e poligênica, e influenciado por fatores exógenos.

Para melhor entendimento da relação existente entre os compostos cafeína, ácido clorogênico e trigonelina com os atributos sensoriais, e também o efeito da interação entre os ambientes e as cultivares avaliadas sobre a qualidade sensorial dos cafés, os dados foram ainda submetidos à análise de componentes principais (ACP).

Os biplots foram obtidos de acordo com a dispersão dos escores dos primeiros componentes principais nos eixos, sendo o primeiro componente o de maior variância explicada, seguido pelo segundo de menor variância, que corresponde ao segundo componente.

A Figura 1 é uma projeção dos resultados obtidos da ACP, referente à distribuição das cultivares/ambientes (A_xC_y , $x=1, 2$; $y= 1,\dots,9$), em função dos atributos sensoriais e nota final e também dos compostos químicos cafeína, trigonelina e 5-ACQ. Na representação gráfica por ACP, cada eixo ou componente principal explica uma porcentagem da variação total entre as amostras. Os dois primeiros componentes principais explicam 79,18% da variabilidade das respostas. No biplot apresentado (Figura 1), as variáveis são representadas por vetores e a interação entre cultivares e ambientes (A_xC_y) por pontos. Quanto mais próximo o ângulo entre os vetores e seus comprimentos, maior a correlação entre as variáveis.

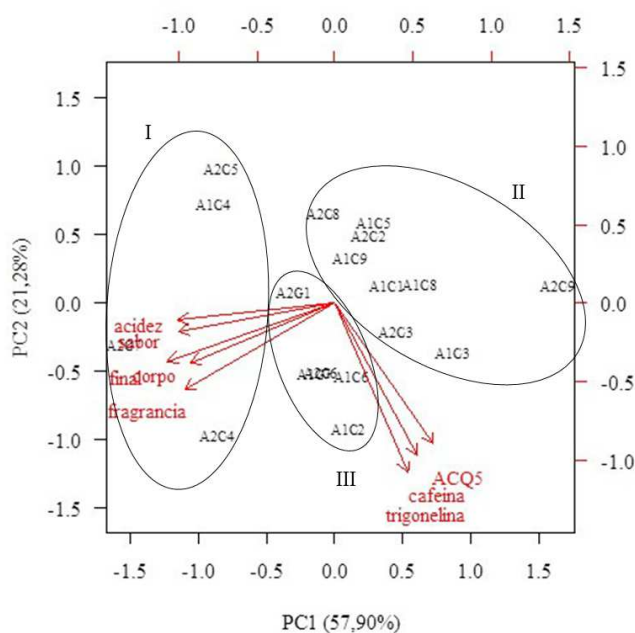


Figura 1 Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais para dados de nove cultivares (C) e dois ambientes (A), em função dos atributos e da nota sensorial final e dos compostos cafeína, trigonelina e 5-ACQ. C1 = Pau Brasil MG1, C2 = Paraíso MGH419-1, C3 = Sacramento MG1, C4 = Araçá MG1, C5 = Oeiras MG6851, C6 = Catiguá MG1, C7 = Catiguá MG2, C8 = Topázio MG1190, C9 = Bourbon Amarelo, A1 = Patrocínio, A2 = Lavras

O primeiro componente principal sugere semelhança entre os pontos, formando três grupos distintos de cultivares e ambientes. O primeiro grupo (I), com os pontos alocados na região esquerda do biplot (A1C4, A2C4, A2C5 e A2C7); o segundo grupo (II) com os pontos alocados na região direita do biplot (A1C1, A1C3, A2C3, A1C5, A1C8, A2C8, A1C9, A2C9, A2C2) e um terceiro grupo alocado na região central do biplot (A2C1, A1C2, A1C6, A2C6, A1C7).

A análise de componente principal demonstra que não houve boa correlação entre os atributos sensoriais e nota sensorial final com os compostos cafeína, trigonelina e 5-ACQ. Os cafés alocados no grupo I correlacionaram-se melhor com os atributos sensoriais e nota final sensorial, e os cafés alocados no grupo III apresentaram correlação intermediária com os dois parâmetros estudados. Contudo, os cafés pertencentes ao grupo II, não apresentaram boa correlação com os dois parâmetros avaliados neste estudo.

Avelino et al. (2005) em estudos com a qualidade de cafés de dois *terroirs* da Costa Rica também explicam, a partir da análise de componentes principais, que não é possível correlacionar estes compostos químicos com atributos sensoriais, e que talvez outros compostos químicos como aminoácidos livres e proteínas seriam mais bem relacionados aos atributos em questão. Analisando a qualidade sensorial das bebidas do café (FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005) e diferentes variedades de *C. arabica* (BERTRAND et al., 2006) com os compostos bioativos, os autores não encontraram relação significativa entre os teores de trigonelina e 5-ACQ e a qualidade dos cafés.

É possível identificar a partir da Tabela 3, que os atributos sensoriais e nota sensorial final foram determinantes para caracterizar a primeira componente principal e os compostos cafeína, trigonelina e 5-ACQ para caracterizar a segunda componente principal.

Tabela 3: Coeficientes dos parâmetros avaliados (nota final, atributos sensoriais e compostos bioativos) para os dois primeiros componentes principais.

Parâmetros	PC1	PC2
Fragrância	-0,398	-0,293
Sabor	-0,415	0,000
Acidez	-0,417	0,000
Corpo	-0,383	-0,202
Final	-0,444	-0,197
Trigonelina	0,193	-0,574
5-ACQ	0,260	-0,476
Cafeína	0,216	-0,515

Como as correlações de cada parâmetro sensorial (PC1) e químico (PC2) são negativas (Tabela 4), isso indica que altos valores desses parâmetros implicam em baixos valores dos escores preditos.

Tabela 4: Correlações entre os parâmetros avaliados (nota final, atributos sensoriais e compostos bioativos) e os dois primeiros componentes principais.

Parâmetros	PC1	PC2
Fragrância	-0,8565	-0,3822
Sabor	-0,8936	-0,1267
Acidez	-0,8972	-0,0753
Corpo	-0,8240	-0,2639
Final	-0,9558	-0,2577
Trigonelina	0,4160	-0,7487
5ACQ	0,5596	-0,6212
Cafeína	0,4650	-0,6726

Diante deste fato é possível notar que ora cafés que apresentaram maiores notas sensoriais apresentaram tanto menores como maiores valores dos compostos químicos avaliados (Figura 2A e 2B). Por exemplo, a cultivar C4 (Araponga MG1) apresenta este comportamento, sendo que quando combinada ao ambiente A1 ela apresenta menores valores dos compostos químicos avaliados e ao ambiente A2 maiores valores. No entanto, para os dois ambientes estudados ela apresenta maiores notas sensoriais. Este comportamento também

foi observado para a cultivar C2 (Paraíso MGH419-1), todavia, nos dois ambientes avaliados as notas sensoriais foram menores, o que denota a interação do genótipo com o ambiente.

Já a cultivar C7 (Catiguá MG2), identificada como uma das cultivares com melhores características para a produção de cafés especiais nos dois ambientes avaliados, apresentou valores maiores (sentido negativo do gráfico) para os compostos cafeína, trigonelina e 5-ACQ e maiores valores para os atributos sensoriais e nota final sensorial (Figuras 2A e 2B), indicando a possibilidade de relação positiva entre as variáveis estudadas.

De acordo com trabalhos referentes a diferentes qualidades de bebidas do café, Farah et al. (2006) relataram relação entre a qualidade da bebida e o teor de trigonelina nos grãos crus. Os autores observaram que a redução dos níveis de trigonelina implicou em redução na qualidade da bebida. Entretanto, Figueiredo (2013) relata que a relação entre qualidade sensorial de cafés e o conteúdo de trigonelina, cafeína e 5-ACQ ainda é bastante contraditória e que se faz necessário maiores estudos a cerca destes fatos.

Observa-se também que houve distanciamento entre os pontos quando se analisa essas variáveis conjuntamente, ou seja, as interações avaliadas não apresentaram boa similaridade. Os pontos A1C9, A2C9, A1C8, A2C8, A1C3 e A2C3 (grupo II) e os pontos A1C4 e A2C4 (grupo I) apresentaram esta característica, uma vez que, mesmo alocados nos mesmos grupos, permaneceram distantes uns dos outros. Portanto, estes dados indicam que os compostos químicos cafeína, trigonelina e 5-ACQ foram bons discriminadores dos ambientes avaliados, mas não foram capazes de discriminar as cultivares.

Assim, como observado no presente trabalho, o conteúdo de cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos possibilitou a discriminação dos ambientes Santa Maria de Dota e Orosi na Costa Rica (AVELINO et al., 2005) e Naranjal, Paraguaicito e Rosário na Colômbia (BERTRAND et al., 2008).

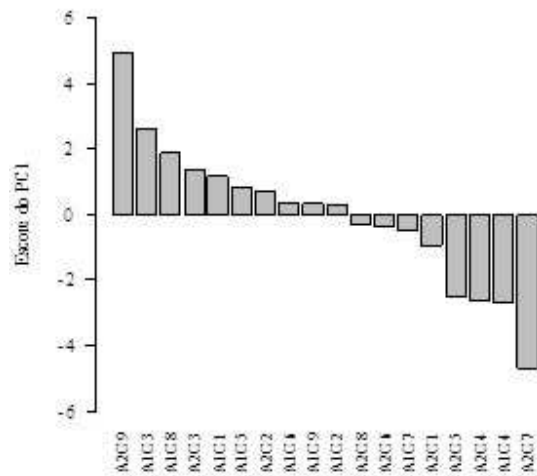


Figura 2A Escores do CP1 com os coeficientes da Tabela 6.

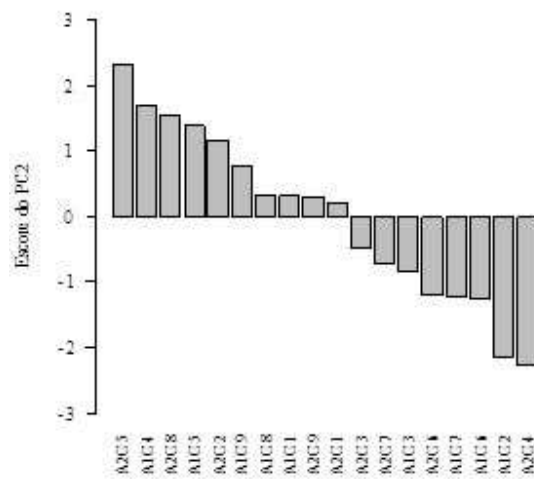


Figura 2B Escores do CP2 com os coeficientes da Tabela 6.

Perfil de ácidos graxos: correlação com os atributos sensoriais e discriminação de ambientes

De acordo com os resultados da Tabela 2, observa-se que entre os ácidos graxos encontrados nos grãos crus de cafés, os ácidos linoleico (C18:2) e palmítico (C16:0) foram predominantes. Os ácidos graxos esteárico (C18:0), oleico (C18:1), gama-linolênico (C18:3 ω -6) e linolênico (C18:3 ω -3) apresentaram concentração intermediária, enquanto o ácido palmitoleico apresentou valores menores que 1%.

Houve diferença significativa entre as cultivares avaliadas para a maioria dos ácidos graxos, exceto para os ácidos esteárico e oleico. Este fato não foi observado por Figueiredo (2013) e Jham et al. (2008) em trabalhos com cultivares de *C. arabica*. No entanto, Martín et al. (2001) conseguiu diferenciar genótipos de *C. arabica* e *C. canephora* através do conteúdo de ácidos graxos. Essa variabilidade encontrada no presente estudo para as cultivares avaliadas, pode ser elucidada pela diferença no conteúdo de lipídeos entre espécies do gênero *Coffea*. A espécie arábica apresenta valores por volta de 15% e a espécie robusta 10% do teor de lipídeos (AMÉLIO et al., 2013) e, segundo Wagemaker et al. (2011), outras espécies tais como a *C. heterocalyx* e a *C. salvatrix*, podem conter de 20 a 30% de lipídeos.

O conteúdo de ácido palmítico, palmitoleico, linoleico e linolênico permitiu a diferenciação dos ambientes estudados a partir do teste *F* a $p < 0,05$. A influência das condições climáticas existentes nos diferentes tipos de ambientes sobre a composição de ácidos graxos em sementes de café ainda é pouco estudada (JOET et al., 2010). Porém os estudos de Bertrand et al. (2008) e Villarreal et al. (2009) demonstram que o conteúdo de ácidos graxos em grãos crus de cafés é capaz de discriminar ambientes de forma eficiente.

Villarreal et al. (2009) apresentaram em seus estudos com Caturra e três genótipos híbridos, em dois anos de experimento, a diferenciação entre os ambientes Naranjal, Paraguaicito e Rosário na Colômbia a partir do perfil de ácidos graxos.

Observa-se também que as interações entre os dois ambientes e as cultivares estudadas diferiram significativamente (Tabela 2). No ambiente A1 (Patrocínio) apenas os ácidos esteárico e oleico não apresentaram diferença entre as cultivares. No ambiente A2 (Lavras) apenas o ácido linoleico não apresentou diferença significativa. Nota-se também que dentro da interação com o ambiente A2, o ácido palmítico apresentou maior diferença entre as cultivares estudadas. Villarreal et al. (2009) estudando os efeitos de genótipos e ambientes no perfil de ácidos graxos, demonstraram que o ácido palmítico explicou um significativo percentual da variância total para genótipos e ambientes, mas quando há a interação entre eles, este ácido pouco explica o percentual de variância total.

A cromatografia a gás capilar (Figura 1 do Anexo) permitiu quantificar além dos ácidos graxos comumente encontrados para grãos de café (BERTRAND et al., 2008; JHAM et al., 2008; JOET et al., 2010; MARTÍN et al., 2001; VILLARREAL et al., 2009), o ácido graxo gama-linolênico (C18:3 ω -6, GLA). O ácido graxo gama-linolênico (GLA) é um metabólito do ácido graxo linoleico e o primeiro intermediário na conversão de ácido linoleico em ácido araquidônico (GUNSTONE, 1992). É amplamente encontrado em plantas, mas estudos demonstram que o GLA é mais expressivo nos óleos de sementes de Cassia, Prímula e principalmente *Borage* (GUIL-GUERREIRO et al., 2000; KNOTHE, 2013; TSO et al., 2012).

Não há relatos de conteúdos de ácido gamma-linolênico em sementes de plantas como café; no entanto, acredita-se que a presença deste ácido nas cultivares de café avaliadas neste estudo pode estar relacionada com o Híbrido

de Timor, ou seja, o ácido gamma-linolênico pode ser um marcador para Híbrido de Timor.

Para melhor explicar o efeito da cultivar, do ambiente, bem como a interação entre esses dois fatores no perfil ácidos graxos, a Figura 3 apresenta o biplot da análise multivariada dos dados, realizada através da análise de componentes principais (ACP).

Conforme apresentado na Figura 3, as duas primeiras componentes principais explicaram 58,78% da variabilidade entre as cultivares estudadas. Os pontos são representados pela interação entre as cultivares e ambientes (A_xC_y) e os vetores pelas variáveis estudadas (atributos sensoriais e ácidos graxos). Pontos que se aproximam dentro da projeção são similares quanto às variáveis aqui estudadas. A formação da primeira componente principal (PC1) é determinada pelos atributos sensoriais fragrância, sabor, acidez, corpo e nota sensorial final. A segunda componente (PC2) foi determinada pelos ácidos graxos, exceto o ácido oleico que apresentou explicação quase nula para esta análise (Tabela 5).

Observa-se a formação de três grupos distintos de cultivares \times ambientes. Na porção direita do biplot estão alocados os pontos do segundo (II) grupo (A1C3, A1C8, A1C9 e A2C9). Os pontos alocados na porção esquerda do biplot compõem o primeiro (I) grupo (A1C4, A2C4 e A2C7), e os pontos alocados na região central do biplot formam o terceiro (III) grupo de ambientes e cultivares (A1C1, A2C1, A1C2, A2C2, A2C3, A1C5, A2C5, A1C6, A2C6, A1C7 e A2C8).

Os cafés pertencentes ao primeiro grupo e ao segundo grupo são os cafés que apresentam maiores e menores notas sensoriais, respectivamente. E os cafés do grupo III notas sensoriais intermediárias (Tabela 2). As cultivares Catiguá MG2 e Araçuaia MG1 destacadas no presente estudo como as cultivares com

maior potencial de produção de cafés especiais nos dois locais de Minas Gerais, Lavras e Patrocínio, também se apresentaram dentro do primeiro grupo (I).

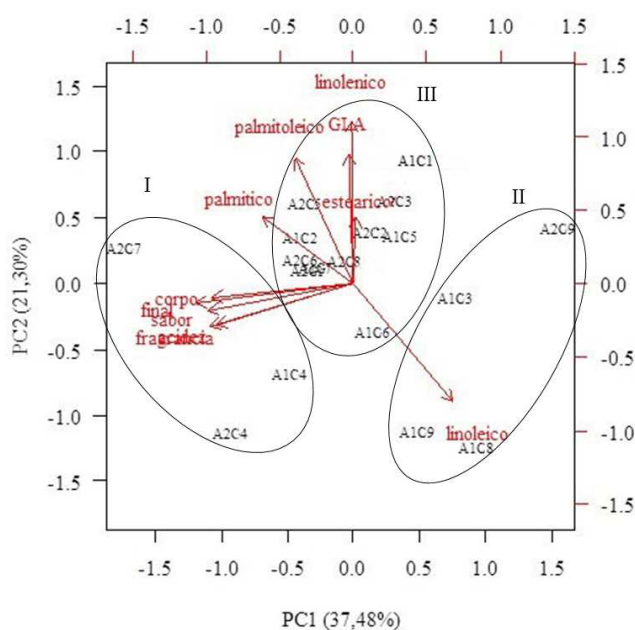


Figura 3 Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais para dados de nove cultivares (C) e dois ambientes (A), em função dos atributos e da nota sensorial final e dos ácidos graxos palmítico, palmitoleico, esteárico, linoleico, linolênico e gama-linolênico (GLA). C1 = Pau Brasil MG1, C2 = Paraíso MGH419-1, C3 = Sacramento MG1, C4 = Araponga MG1, C5= Oeiras MG6851, C6= Catiguá MG1, C7 = Catiguá MG2, C8 = Topázio MG1190, C9 = Bourbon Amarelo, A1 = Patrocínio, A2 = Lavras.

Os atributos sensoriais fragrância, sabor, acidez, corpo e notas sensorial final apresentaram escores negativos (Tabela 5), logo, dentre os ácidos graxos que tiveram boa explicação com a PC1, ou seja, com a qualidade dos cafés (ácido palmítico, ácido palmitoleico e ácido linoleico), somente os ácidos graxos palmítico e palmitoleico tiveram boa correlação com os atributos sensoriais, uma

vez que também apresentaram escores negativos. O ácido linoleico foi determinante para agrupar os cafés com menores notas sensoriais (Figura 3, Tabela 2).

Figueiredo (2013) relatou em seus estudos que os ácidos graxos palmítico, esteárico, araquídico e elaídico apresentam correlação com os atributos sensoriais dos cafés Bourbon, sendo que os primeiros correlacionaram-se melhor com os cafés de maiores notas sensoriais e o segundo com os cafés de piores notas. O autor explica que esta característica sugere que tais ácidos graxos podem ser possíveis discriminadores da qualidade de cafés.

Para as cultivares avaliadas no presente estudo, os ácidos palmítico, palmitoleico e linoleico são os possíveis discriminadores da qualidade. De acordo com Alves et al. (2003) o perfil de ácidos graxos pode ser utilizado como marcador de uma cultivar de café e pode também informar sobre o histórico do café.

Tabela 5 Coeficientes de correlação dos parâmetros avaliados (nota final, atributos sensoriais e ácidos graxos – grão cru) para os dois primeiros componentes principais.

Parâmetros	PC1	PC2
Fragrância	-0,397	-0,135
Sabor	-0,403	0,000
Acidez	-0,378	-0,125
Corpo	-0,396	0,000
Final	-0,438	0,000
Palmítico	-0,251	0,220
Palmitoléico	-0,162	0,404
Esteárico	0,000	0,209
Oléico	0,000	0,000
Linoléico	0,276	-0,374
GLA	0,000	0,420
Linolênico	0,000	0,523

Segundo Collins et al. (2003) os ácidos graxos atuam em uma série de reações catabólicas que conduzem à produção de compostos de sabor e aroma característicos nos alimentos. Os óleos no café têm a capacidade de cobrir a língua durante a ingestão, fornecendo uma sensação bucal oleosa e cremosa, característica do corpo da bebida. No entanto, os ácidos graxos instaurados, como o linoleico, linolênico, e oléico devido à facilidade de sofrerem oxidação, em muitos casos estão relacionados com a formação de aromas indesejáveis em óleos vegetais (ILLY; VIANI, 2005; JHAM et al., 2008).

A Figura 4 representa os escores das interações cultivares \times ambientes para a segunda componente principal (PC2). Uma vez que a PC2 foi determinada pelos conteúdos de ácidos graxos dos cafés avaliados, e que o ácido graxo linoleico apresentou escore negativo e os ácidos graxos linolênico e gamma-linolênico os que tiveram maior representatividade nesta componente e escores positivos (Tabela 5), nota-se que os cafés que estão com as barras no sentido negativo do gráfico são os que apresentaram maiores valores de ácido linoleico, e que o café A1C1 – Pau-Brasil/Patrocínio (com a barra no sentido positivo do gráfico) é o que apresenta maiores valores dos ácidos linolênico e gamma-linolenico. Os cafés que estão entre essas duas características apresentaram valores intermediários para os ácidos graxos palmítico, palmitoleico, esteárico e também para os ácidos linolênico e gamma-linolenico.

Assim, é possível evidenciar que a maioria das cultivares que interagem com o ambiente A1 (Patrocínio), apresentam maiores valores de ácidos graxos insaturados quando comparados ao ambiente A2 (Lavras). Portanto, os ácidos linoleico, linolênico e gamma-linolenico são possíveis discriminadores de ambientes. Nota-se também que os cafés do ambiente A1 (Patrocínio) são nutricionalmente melhores que os cafés do ambiente A2 (Lavras), pois apresentam maiores conteúdos de ácidos graxos insaturados.

Estudos desenvolvidos por Bertrand et al. (2008) sobre o perfil de ácidos graxos de diferentes ambientes e genótipos, demonstraram que a maioria dos ácidos graxos presentes em grãos de café são capazes de discriminar ambientes, sendo que determinados ácidos apresentam maior potencial para este fato.

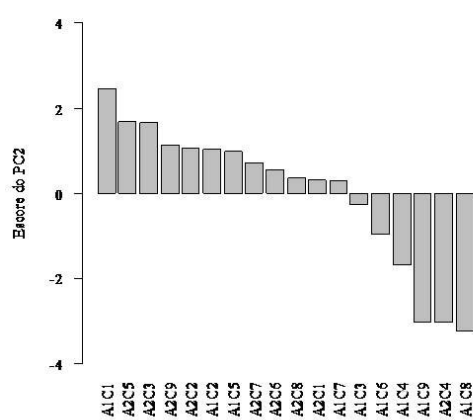


Figura 4 Escores do PC2 para os coeficientes da tabela 7

Os cafés definidos como intermediários no presente estudo apresentaram-se em maior número (cafés alocados no grupo III) e com maior similaridade entre os pontos para os compostos químicos estudados. Isto demonstra a possibilidade de cultivares oriundas de cruzamentos apresentarem maior variabilidade química, uma vez que este fato também foi observado para os parâmetros cafeína, 5-ACQ e trigonelina, também avaliados neste experimento.

CONCLUSÃO

Os conteúdos de cafeína, ácido clorogênico e trigonelina não tiveram boa relação com os atributos sensoriais. Os compostos bioativos do café discriminaram os ambientes Lavras e Patrocínio, mas não foram capazes de discriminar as cultivares.

O perfil de ácidos graxos permitiu discriminar as cultivares resistentes à ferrugem, os ambientes, bem como a interação entre esses dois fatores quanto à qualidade sensorial.

Identificou-se a presença do ácido graxo gamma-linolênico nas cultivares, sendo este um possível marcador para o Híbrido de Timor.

A análise de componentes principais mostrou-se eficiente para discriminar o ambiente Patrocínio, quanto à composição de ácidos graxos insaturados e o ambiente Lavras quanto à composição de ácidos graxos saturados, demonstrando que os cafés de Patrocínio são nutricionalmente melhores.

Correlation between chemical and sensorial attributes of Arabica coffee beans resistant to rust in two environments of Minas Gerais, Brazil.

ABSTRACT

Considering the importance of the chemical compounds present in *Coffea arabica* grains in defining the sensory quality of the beverage and in the authentication coffee regions, aiming at the production of special coffees, the objective of this work was to evaluate, based on principal component analysis, if there is relation between the contents of caffeine, trigonelline and 5 - CQA, and the fatty acid profile with the sensorial attributes of the drink, and, in this context, enable the differentiation of cultivars in two locations in Minas Gerais, Brazil. Seven *C. arabica* cultivars carrying rust resistance, developed by the Genetic Improvement Program coordinated by EPAMIG in partnership with UFV and UFLA, and two susceptible cultivars (Bourbon Amarelo and Topázio MG1190) were evaluated in two cultivating environments: Lavras, in southern Minas, and Patrocínio, in the Cerrado region of Minas Gerais. The contents of caffeine, trigonelline and 5 - CQA did not present good correlation with the fragrance, flavor, acidity, body and final grade attributes. However, the caffeine, trigonelline and 5 - CQA compounds allowed the environment differentiation. Among the fatty acids found in the grains, we detected the presence of an unusual acid in coffee, gamma-linolenic acid (C18 : 3 ω -6, GLA). The palmitic, palmitoleic and linoleic fatty acids, presented correlation with the sensorial quality of the drink. The linoleic, linolenic and gamma-linolenic unsaturated fatty acids, were able to discriminate the Patrocínio environment.

Keywords: Chemical evaluation; Chromatography; Principal Components Analysis, Cultivars.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H. M. R. et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, mar./abr. 2011.
- ALVES, M. R. et al. Contribution of FA profile obtained by high-resolution GC/chemometric techniques to the authenticity of green and roasted coffee varieties. **Journal of the America Oil Chemist's Society**, Oxford, v. 80, n. 6, p. 511-517, June 2003.
- AMELIO, N. d' et al. Green coffee oil analysis by high-resolution nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Talanta**, London, v. 110, n. 1, p. 118-127, June 2013.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, Aug. 2005.
- BERTRAND, B. et al. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica híbrids involving sudanese-ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree Physiology**, Cary, v. 26, n. 9, p. 1239-1248, Sept. 2006.
- BERTRAND, B. et al. Comparison of the effectiveness os fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea Arabica* L.) varieties and growing origins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 6, p. 2273-2280, Mar. 2008.
- BICCHI, C. P. et al. Characterization of green and roasted coffes through the chlorogenic acid fraction by HPLC-UV and principal component analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, n. 6, p. 1549-1555, June 1995.
- BORÉM, F. M. et al. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 52, n. 1, p. 1-6, Jan. 2013.

CHALFOUN, S. M. et al. Sensorial characteristics of coffee (*Coffea Arabica*): varieties in the Alto Paranaíba Region. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 43-52, Jan./Mar. 2013.

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.

COLLINS, F. Y. et al. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. **International Dairy Journal**, Barking, v. 13, n. 11, p. 841-866, Nov. 2003.

DAL MOLIN, R. N. et al. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353-358, 2008.

DESSALEGN, Y. et al. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 88, n. 10, p. 1726-1730, Aug. 2008.

DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. **Food Chemistry**, Oxford, v. 118, n. 3, p. 851-855, Mar. 2010.

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. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, p. 497-509, 1957.

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.

FRANKEL, E. N. **Lipid oxidation**. 2nd ed. Bridgewater: The Oily, 2005. 955 p.

GUIL-GUERREIRO, J. L. Occurrence and characterization of oils rich in γ -linolenic acid: part I, Echiumseeds from Macaronesia. **Phytochemistry**, Oxford, v. 53, n. 4, p. 451-456, Feb. 2000.

GUNSTONE, F. D. Gamma-linolenic acid: occurrence and physical and chemical properties. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 145-161, Feb. 1992.

GUTKOSKI, L. C. et al. Effect of extrusion process variables on physical and chemical properties of extruded oat products. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 54, n. 4, p. 315-325, Dec. 1999.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the science of quality**. London: Academic, 2005. 398 p.

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

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

JOËT, T. et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.

KNOTHE, G. Fuel properties of methyl esters of borage and black currant oils containing methyl γ -linolenate. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 115, n. 8, p. 901-908, Aug. 2013.

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

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4th ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região Sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MARTÍN, M. J. et al. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. **Talanta**, London, v. 54, n. 2, p. 291-297, Apr. 2001.

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

MONTEIRO, M. C.; FARAH, A. Chlorogenic acids in Brazilian *Coffea arabica* cultivars from various consecutive crops. **Food Chemistry**, Oxford, v. 134, n. 1, p. 611-614, Sept. 2012.

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

PEARL, H. M. et al. Construction of a genetic map for arabica coffee. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 108, n. 5, p. 829-835, Mar. 2004.

PEREIRA, A. A. et al. Cup quality of new cultivars derived from Híbrido de Timor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Abstracts...** Montpellier: Association for Science and Information on Coffee, 2008. p. 143.

PEREIRA, A. A. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, 2010.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2003. 304 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

SCHOLZ, M. B. dos S. et al. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 245-255, 2011.

SILVA, E. A. et al. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2005.

SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 201-216, Jan./Mar. 2006.

TEIXEIRA, A. L. et al. Avaliação do teor de cafeína em folhas e grãos de acessos de café Arábica. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 129-137, jan./mar. 2012.

TSO, P. et al. Comparison of growth, serum biochemistries and n6 fatty acid metabolism in rats fed diets supplemented with high-gamma-linolenic acid safflower oil or borage oil for 90 days. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 50, n. 6, p. 1911-1919, June 2012.

VIGNOLI, J. A. et al. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of Arabica and robusta coffees. **Food Research International**, Barking, 2013. In press.

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

VILLARREAL, D. et al. Genotypic and environmental effect on coffee (*Coffea arabica* L.) bean fatty acid profile: impact on variety and origin chemometric determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, n. 23, p. 11321-11327, 2009.

VITORINO, M. D. et al. 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.

WAGEMAKER, T. A. L. et al. Sun protection factor, content and composition of lipid fraction of green coffee beans. **Industrial Crops and Products**, London, v. 33, n. 2, p. 469-473, Mar. 2011.

(VERSÃO PRELIMINAR DO ARTIGO)

ANEXO

ANEXO A - Cromatograma exemplo: Composição de ácidos graxos de grãos crus de café arábica

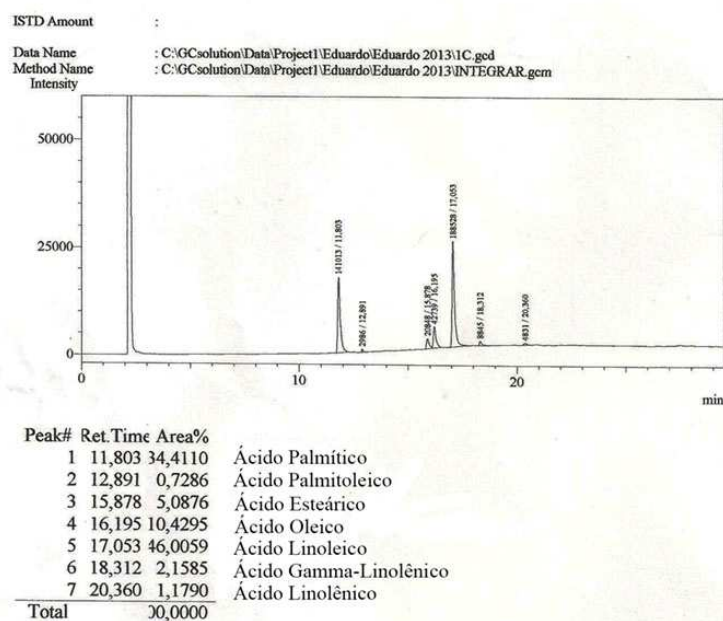


Figura 1 Cromatograma exemplo de uma das amostras de café resistente à ferrugem quanto a composição de ácidos graxos através de Cromatografia capilar a gás (CG)