

SAMUEL DE ASSIS SILVA

**TERROIR DE CAFÉ EM LAVOURAS NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA  
- MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586t  
2012  
Silva, Samuel de Assis, 1984-  
*Terroir* de café em lavouras no município de Araçuaia -  
MG / Samuel de Assis Silva. – Viçosa, MG, 2012.  
xii, 109f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Daniel Marçal de Queiroz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Café - Qualidade. 2. Agricultura de precisão.
  3. Certificados de origem. 4. Sensoriamento remoto.
  5. Produtividade agrícola. I. Universidade Federal de Viçosa.
- II. Título.

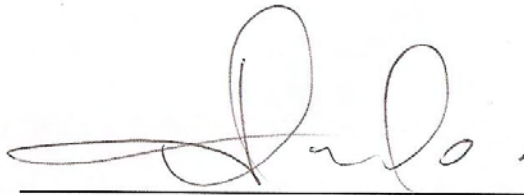
CDD 22. ed. 633.73

SAMUEL DE ASSIS SILVA

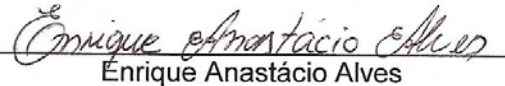
**TERROIR DE CAFÉ EM LAVOURAS NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA  
- MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 05 de junho de 2012.




Paulo César de Lima



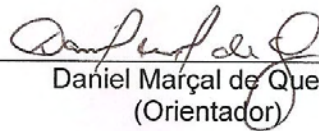
Enriquer Anastácio Alves



Paulo César Corrêa



Francisco de Assis de Carvalho Pinto  
(Co-orientador)



Daniel Marçal de Queiroz  
(Orientador)

"É sempre prudente olhar em frente, mas a vitória e o sucesso estão em  
olhar para mais longe do que pode ver-se."  
(Sir Winston Churchill)

À Deus, meu amigo fiel, princípio e fim de toda a existência  
Aos meus pais, irmão e à amada Aline pelo amor e apoio  
em todos os momentos dessa jornada

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, autor soberano da vida, por permitir que mais esse sonho se realizasse e por todas as maravilhas e milagres que opera em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso, pela confiança depositada e, principalmente, pelos ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Daniel Marçal de Queiroz, pela oportunidade de convívio, confiança e firme orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Francisco de Assis Carvalho Pinto e Nerilson Terra Santos, pela confiança, disponibilidade e importantes sugestões para que este trabalho se concretizasse.

Aos proprietários das fazendas onde este trabalho foi desenvolvido, sem os quais nada disso seria possível: Fazenda Braúna – Afonso Matos; Fazendas JA\_B e JA\_A: João Andrade Miranda; e Fazenda Serra do Boné: Sérgio Sanglard.

À minha amada mãe que mais uma vez esteve presente, ao meu lado, durante todas as etapas dessa jornada me dando seu apoio, carinho, amor e sábios ensinamentos.

Ao meu amado irmão, fiel companheiro das horas fáceis e difíceis, por fazer parte da minha vida e contribuir tanto para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu pai, que mesmo distante sempre esteve torcendo por mim e presente em meu coração e que é, também, responsável pelo que sou hoje.

À minha amada Aline, companheira e amiga, por sempre acreditar e me apoiar, mas acima de tudo por seu amor e compreensão nas inúmeras ausências.

Ao amigo Julião, a quem devo muito da minha formação profissional e pessoal e que nunca me negou o convívio e os conselhos fraternais.

Aos amigos conquistados ao longo dessa jornada, Eduardo, Marcelo (Baiano), Wilker (Chefe), Lucas Silva da Silveira, Anderson e Daniel (Sorriso), os quais foram fundamentais para a execução desse trabalho. Aos demais amigos e colegas da Mecanização Agrícola pelo convívio, amizade, ajuda e companheirismo no dia a dia de laboratório.

Aos velhos amigos da graduação e do mestrado, Gustavo, Willian e Fernando, que mesmo distantes permaneceram presentes durante todo esse tempo.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram na realização deste estudo.

## **BIOGRAFIA**

SAMUEL DE ASSIS SILVA, filho de Maria José Henrique de Assis e Valter José de Assis, nasceu em Manhuaçu, MG, no dia 04 de julho de 1984.

Em agosto de 2007 concluiu o curso de Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo.

Em agosto de 2007, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal, área de concentração em Solos e Nutrição Mineral de Plantas, na Universidade Federal do Espírito Santo, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2009.

Em março de 2009, iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em junho de 2012.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
HIPÓTESES.....	6
OBJETIVOS.....	7
JUSTIFICATIVA.....	8
CONTEÚDO DO TRABALHO.....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DOS TERROIRS DE CAFÉ NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA – MG.....	16
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
Descrição das áreas de estudo.....	20
Coleta e processamento de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida.....	23
Avaliação da qualidade dos cafés produzidos no município de Araponga- MG.....	24
Análise da Variabilidade Espacial da Qualidade do café.....	25
Delimitação dos terroirs de produção de café.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO III – INFLUENCIA DO CLIMA, SOLO, TOPOGRAFIA E VARIEDADE NO <i>TERROIR</i> E NA QUALIDADE DO CAFÉ.....	40

INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
Descrição das áreas de estudo.....	44
Variáveis amostradas em cada terroir e coleta de dados.....	46
Avaliação da qualidade dos cafés produzidos no município de Araponga-MG.....	48
Análise estatística dos dados.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
CAPÍTULO IV – QUALIDADE DO CAFÉ E SUA RELAÇÃO COM O GRAU BRIX E A INFORMAÇÃO CROMÁTICA DOS FRUTOS CEREJA	76
INTRODUÇÃO.....	78
MATERIAL E MÉTODOS.....	80
Coleta e Processamento de frutos.....	81
Análise espectral e colorimétrica e determinação dos valores de graus brix dos frutos de café.....	81
Processamento das amostras e avaliação da qualidade dos cafés produzidos nas lavouras.....	83
Análises dos dados e construção dos mapas temáticos.....	84
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
CONSLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES GERAIS.....	99
ANEXOS.....	101

## RESUMO

SILVA, Samuel de Assis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2012. **Terroir de café em lavouras no município de Araponga - MG.** Orientador: Daniel Marçal de Queiroz. Coorientadores: Francisco de Assis de Carvalho Pinto e Nerilson Terra Santos.

O café é um produto que tem seu valor estipulado em função da sua qualidade e esta é dependente das características do local onde esse é produzido. A diferenciação dos cafés através da noção de *terroir* permite determinar áreas potenciais para a produção de cafés especiais e caracterizar o tipo de café característico dessas áreas, explorando suas potencialidades. O estudo dos *terroirs* está relacionado à compreensão de um território comumente pequeno, em que diferentes fatores locais conferem qualidades distintas aos produtos. O objetivo desse trabalho foi caracterizar e delimitar *terroirs* de produção de café de lavouras no município de Araponga – MG, definir a influência de variáveis climáticas, de solo e da topografia sobre os *terroirs* e a qualidade, e utilizar um sistema de visão artificial para estimar a qualidade da bebida. Os dados foram coletados em quatro lavouras do município de Araponga – MG, as quais foram escolhidas considerando as diferenças significativas entre si, principalmente no que diz respeito a altitude das mesmas. Foram coletadas amostras de frutos cereja em cada um dos talhões de cada lavoura, as quais foram utilizadas para determinar a qualidade global do café e suas características sensoriais peculiares. Desses frutos mediram-se o teor de sólidos solúveis (° Brix) com auxílio de um refratômetro portátil, o comportamento espectral utilizando um espectroradiômetro com iluminação artificial e as características colorimétricas através de imagens digitais obtidas com câmeras fotográficas. A influência do clima sobre os *terroirs* e sobre a qualidade do café foi avaliada em função da umidade relativa do ar, temperatura, radiação solar e número médio de horas de luz. O solo dos *terroirs* foi caracterizado com base em seus atributos físicos texturais e quanto à sua formação e material de origem. A qualidade do café foi avaliada por meio da análise de suas

características físicas e pela análise sensorial, segundo as regras de competições nacionais e internacionais da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA). A definição dos terroirs de produção de café foi feita à partir das notas globais dos cafés das fazendas e também de suas características peculiares. A fazenda do Boné se destacou em relação às demais com base na qualidade global média e também nos valores médios de doçura e sabor dos cafés. O município de Araponga – MG possui mais de um terroir de produção de café caracterizado por dois distintos extratos de altitude e que exercem influencia singular sobre a qualidade dos cafés colhidos, tornando-os diferenciáveis. A qualidade do café é dependente do *terroir*, e este, por sua vez, da altitude, da posição da lavoura e das características microclimáticas. A qualidade global do café apresenta correlação significativa com os valores de Banda R e reflectância dos frutos. Os valores de ° Brix não apresentaram correlação significativa com a qualidade do café. É possível utilizar os valores de Banda R e de reflectância na banda do vermelho dos frutos cereja para a estimativa dos valores de qualidade global do café, sendo viável a adoção de um sistema simplificado para aquisição das imagens.

## ABSTRACT

SILVA, Samuel de Assis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2012. **Terroir coffee in crops of the district of Araponga - MG**. Adviser: Daniel Marçal de Queiroz. Committee members: Francisco de Assis de Carvalho Pinto and Nerilson Terra Santos.

The value of the coffee is set depending on their quality and this is dependent on the characteristics of where this is produced. The differentiation of coffee through the notion of terroir to determine potential areas for the production of specialty coffees and coffee characterize the type characteristic of these areas, exploring its potential. The study of terroirs is related to the understanding of a small territory, in which different local factors provide different qualities of products. The aim of this study was to characterize and define terroirs production of coffee plantations in the municipality of Araponga - MG, define the influence of climatic variables, soil and topography on the terroirs and quality, and use an artificial vision system for estimating quality of the drink. Data were collected at four farms in the municipality of Araponga - MG, which were chosen considering the significant differences between them, especially in respect of the same altitude. Samples were collected from cherry fruit in each of the plots of each crop, which were used to determine the overall quality of coffee and their sensory characteristics. These fruits were measured the total soluble solids (° Brix) using a portable refractometer, the spectral behavior using a spectroradiometer with artificial lighting and the colorimetric characteristics through images taken with digital cameras. The influence of climate on the terroirs and the quality of coffee was evaluated as a function of relative humidity, temperature, solar radiation and average number of hours of light. The soil of terroirs was characterized based on their physical attributes and textural about their training and material. The coffee quality was evaluated by analyzing their physical and sensory analysis, according to the rules of national and international competitions of the Specialty Coffee Association of America (SCAA). The definition of the terroirs of coffee production was made from the notes of the global coffee farms as well as its peculiar characteristics. The farm's cap stood out over others based on the average

overall quality and also the average values of sweetness and flavor of coffee. The Araponga District - MG has more of a terroir of coffee production is characterized by two different extracts of altitude and exercise influence on the natural quality of coffee harvested, making them distinguishable. The coffee quality is dependent on the terroir, and this, in turn, altitude, position and characteristics of the crop microclimate. The overall quality of coffee has significant correlation with the values of R band and reflectance of fruits. ° Brix values showed no significant correlation with the quality of coffee. You can use the values of R band and reflectance in the band of red cherry fruit to the estimation of overall quality of coffee, and feasible to adopt a simplified system for image acquisition.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

O café desempenha importante papel na economia mundial desde o século XIX. Essa cultura absorve intensiva mão-de-obra, sendo uma importante fonte de renda para os agentes envolvidos direta ou indiretamente ao agronegócio cafeeiro (Viana, 2003).

Dados da Organização Internacional do Café, afirmam que a produção desse fruto ocorre em 54 países em desenvolvimento, chegando a atingir 113 milhões de sacas por ano com produtividade média, segundo a FAO (2012), de 10,75 sacas por hectare. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de café, seguido por Vietnã, Colômbia, Indonésia, Índia, Etiópia e México, sendo o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos (Silva et al., 2011). Sua produção é responsável por 30% do mercado internacional, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores. A produção cafeeira nacional, na safra de 2011 fechou com uma produção de 44,73 milhões de sacas de café beneficiado, sendo 33,17 milhões de arábica e 11,56 milhões de robusta (CONAB, 2011).

Um dos desafios atuais da cafeicultura mundial está no aumento da produção a níveis capazes de atender a demanda populacional. Esse aumento de produção, no entanto, deve acontecer sem que se perca de vista a qualidade dos produtos colhidos, fator fundamental para a sustentabilidade da atividade. Pela grande importância econômica da cafeicultura no Brasil, o estudo e desenvolvimento de novas técnicas de lidar

com a cultura do café são fundamentais para a redução de perdas significativas de sua qualidade, ou mesmo para explorar os verdadeiros potenciais qualitativos das variedades atualmente cultivadas.

Para a sobrevivência da cafeicultura, o Brasil tem que seguir o caminho da qualidade (Silva et al., 2010), uma vez que o valor comercial dos grãos de café (*Coffea arábica* L.) está diretamente relacionado com essa característica. Mendonça et al. (2007) afirmam que a atividade cafeeira vem se adaptando nos últimos anos para atender a demanda do mercado.

Nogueira et al. (2005) afirmam que, se por um lado grandes níveis de tecnologia têm sido exigidos pelo setor para o aumento da produtividade, redução de custos e restrição ao uso de agroquímicos, nunca se valorizou tanto a qualidade do café devido à crescente expansão do consumo de cafés especiais. De acordo com Alves (2009), a crescente valorização da qualidade da bebida traduzida por características sensoriais de aroma, sabor e acidez, é fator determinante da expansão da cafeicultura e dos investimentos em técnicas de cultivo e processamento pós-colheita.

Como o café é um produto que tem seu valor estipulado em função da sua qualidade (Silva et al., 2010), a produção de frutos com elevado padrão qualitativo pode representar uma melhoria na lucratividade do agronegócio. Entretanto, como a incerteza produtiva e qualitativa dos produtos agrícolas torna o agronegócio uma atividade de risco, é de fundamental importância a definição de sistemas capazes de predizerem a qualidade da bebida dos cafés, principalmente utilizando variáveis de fácil mensuração e que são determinantes para a expressão dessa característica.

Fagan et al., 2011 afirmam que a qualidade do café é uma característica definida desde o campo e influenciada, entre outros fatores, pelo estágio de maturação dos frutos no momento da colheita. De acordo com Meggio et al. (2010) além dessa, existem algumas variáveis pertinentes aos frutos capazes de facilitar avaliação da qualidade potencial desses para a produção de produtos de qualidade superior.

Alves (2009) utilizou o índice de sólidos solúveis para avaliar as características sensoriais do café antes da colheita dos frutos. Gay et al. (2002) discutem que a cor dos frutos também é uma ótima ferramenta para classificação e predição de sua qualidade, principalmente quando é possível



identificar uma certa banda do espectro luminoso que apresente relação com a qualidade.

As características e variáveis relacionadas aos frutos e à sua qualidade são influenciadas por diversos fatores. Dentre eles, podem-se destacar fatores genéticos, ambientais, topográficos e geográficos e fatores culturais (condições de manejo) (Cliford, 1985; Rena e Maestri, 1985; Prete, 1992; Hemerly, 2000; Macías e Riaño, 2002; Malta et al., 2002; Malta et al., 2003; Chagas et al., 2005; Alves, 2009).

Estes fatores tomados em conjunto determinam o conceito de *terroir*, onde cada região pode ser representada como um território em que diferentes variáveis influenciam a planta e afetam as características dos produtos finais (Goulet e Morlat, 2011). No *terroir*, o local assume uma conotação própria, onde determinados produtos passam a ser dotados de uma identidade singular que irá influenciar na produção e intervir, com diferentes impactos nas suas características finais (Cadot et al., 2012). Fisher (2010) e Kumsta et al. (2012) afirmam que a abordagem do *terroir* é ampla e construída a partir de uma simbiose de fatores naturais, tecnológicos e sociais resultando na especificidade dos produtos.

A definição de *terroir* prevê um estudo para a caracterização do ambiente e a identificação das unidades *terroir* natural, tendo todos os fatores naturais considerados relevantes, juntamente com a caracterização do potencial destas unidades ao longo do espaço e do tempo (Morlat, 2001; Vaudour, 2002). Um *terroir* confere características especiais a um produto sendo a soma de influências locais sobre o mesmo (Van Leeuwen e Seguin 2006).

Deloire et al. (2005) afirmam que o *terroir* é o efeito combinado do solo, orientação do declive em relação ao sol, altitude, características do clima como chuva, velocidade do vento, horas acumuladas de sol, temperatura mínima, média e máxima, em um determinado local e que são capazes de atuar sobre a natureza e a qualidade dos produtos cultivados neste local. Zou et al. (2012) afirmam que o *terroir* influenciam não somente o produto agrícola final, mas também toda a cadeia industrializada do mesmo. De acordo com Rolle et al. (2012), como *terroir* impõe

características peculiares aos produtos, a sua definição representa direta melhoria da aceitação dos produtos oriundos deste pelos consumidores.

A definição de *terroir* tem sido amplamente utilizada na cultura da videira, e a influência dos diferentes fatores ligados à caracterização dos *terroirs* sobre a composição e qualidade das uvas tem sido demonstrada por vários autores (Koundouras et al., 1999; Tesic et al., 2001; Conradie et al., 2002; Van Leeuwen et al., 2004; Webb et al., 2012). Goulet e Morlat (2011), por exemplo, afirmam que o conhecimento dos distintos *terroirs* permite abordar a diversidade natural existente nas regiões produtoras, especialmente através de algumas escolhas críticas, principalmente no que diz respeito à seleção de variedades a serem cultivadas e à adoção de práticas de manejo adequadas a cada unidade, propiciando a obtenção de melhores resultados qualitativos.

No que diz respeito ao café, as possibilidades de diferenciação e segmentação do produto permite a consciente exploração da imensa diversidade existente nos sistemas de produção, direcionando a produção para o atendimento a mercados específicos, elevando a competitividade dessa *commodity* (Prodolliet, 2004). Entretanto, Dicum e Luttinger (1999) relatam que a diferenciação dos cafés deve obedecer a critérios que ponderem uma série de atributos que incluem as suas características físicas (origem, variedade, cor e tamanho), suas características sensoriais peculiares (doçura, corpo, acidez e aroma, por exemplo), e até preocupações de ordem ambiental e social com os sistemas de produção e as condições dos cultivos.

Conhecer o ambiente em que o cafeeiro está inserido permite um melhor planejamento da produção, visando o desenvolvimento sustentável e a obtenção de produtos com qualidade superior (Cortez, 1997). Isso acontece no momento em que se identifica a forma e magnitude da influência que as características que variam espacial e temporalmente como as microclimáticas, pedológicas e de relevo exercem sobre a qualidade de bebida do café (Buenaventura e Castaño, 2002).

Apesar da sua potencialidade, a noção de *terroir* tem sido pouco explorada para a cultura do café e, conseqüentemente, o efeito das variáveis formadoras dos *terroirs* sobre a qualidade física e sensorial dos produtos

ainda não foram bem definidas. Diversos autores, porém, tem mostrado que o café é altamente influenciado pela altitude e temperaturas médias anuais de seu local de produção (Guyot et al., 1996; Alpizar e Bertrand, 2004; Decazy et al., 2003; Laviola et al., 2007), entretanto nenhum destes tem procedido a abordagem considerando a amplitude da noção de *terroir*.

## HIPÓTESES

Este trabalho está alicerçado sobre as seguintes hipóteses:

- É possível definir diferentes *terroirs* de produção de café, permitindo apontar padrões de qualidade que estejam relacionados aos locais de cultivo;
- O município de Araçuaia - MG apresenta características que permitem definir diferentes *terroirs* de produção de café.

## OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar e delimitar diferentes *terroirs* de café em lavouras no município de Araponga – MG. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Caracterizar e mapear as áreas de produção para delimitação dos *terroirs* de café no município de Araponga - MG com base nos elementos responsáveis pela produção;
- Avaliar a qualidade dos cafés produzidos nas distintas áreas, com base na classificação física e na análise sensorial;
- Estabelecer uma relação entre as diferentes áreas de produção e as características sensoriais dos cafés produzidos nas mesmas;
- Definir a influência das variáveis que compõem os *terroirs* sobre os padrões de qualidade obtidos nestes;
- Definir e avaliar, através da utilização de sistemas de visão artificial, meios para inferir sobre o padrão sensorial do café e orientar o momento de colheita dos frutos para obtenção da máxima qualidade de bebida.

## JUSTIFICATIVA

Produzir cafés com padrões especiais é um fator indispensável na cafeicultura atual, e conhecer os diferentes fatores que influem essa qualidade permite explorar de forma eficiente o potencial qualitativo de cada variedade e região produtora. É sabido que variações nos atributos que respondem pela produção do café causam grandes alterações sobre o produto final, entretanto os efeitos destes sobre a qualidade ainda não estão bem definidos. Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos aplicando a noção de *terroir* em culturas frutíferas como a uva, por exemplo, entretanto essa metodologia, apesar de promissora para a diferenciação de produtos agrícolas, ainda não tem sido explorada de forma direta e incisiva para a cultura do café.

Como o Estado de Minas Gerais, além de ser o maior produtor de café do Brasil, apresenta significativa variação em relação aos locais de produção, é possível definir diferentes *terroirs* de produção dentro do mesmo, bem como sua influência na diferenciação dos cafés. Dessa forma, a importância desse trabalho reside no fato da necessidade de testar a utilização dos conceitos de *terroir*, tão importantes para a cultura da uva, sobre a cultura do café, definindo unidades capazes de exercer influência direta sobre a qualidade do café e também para se identificar, dentre as variáveis que compõem essas unidades, aquelas que exercem, isoladamente ou em conjunto, maior influência sobre essa qualidade.

## CONTEÚDO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo um capítulo introdutório, três no formato de artigo científico, contendo as discussões sobre o tema proposto e um capítulo de conclusões gerais.

O primeiro capítulo apresenta informações necessárias para melhor compreensão do trabalho desenvolvido e engloba uma introdução geral sobre o assunto a ser abordado, as hipóteses levantadas com a pesquisa e seus objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo consiste na caracterização e delimitação dos *terroirs* de produção de café no município de Araponga – MG, onde se procura, com base nos valores de qualidade global e nas características que compõem essa qualidade, definir unidades naturais que exercem influência sobre a qualidade da bebida imprimindo a essa padrões que a diferencia das demais.

No terceiro capítulo, utilizando técnicas de estatística uni e multivariada, busca-se definir as variáveis ou o conjunto destas, que mais influenciam os *terroirs* e conseqüentemente a bebida do café, analisando as relações existentes entre essas com a qualidade global dos frutos e também com as características peculiares de cada amostra.

No quarto capítulo se propõe utilizar sistemas de visão artificial para estimativa da qualidade da bebida com café. Para tal utilizam-se técnicas de sensoriamento remoto para relacionar as características colorimétricas dos frutos cereja com a sua qualidade e também a utilização de sensores que medem os teores de sólidos solúveis (° Brix). Esse capítulo visa também, identificar a melhor época de colheita dos frutos para garantir níveis satisfatórios de qualidade.

O capítulo referente às conclusões gerais aborda os principais achados dos três capítulos, resumido os mesmos com enfoque nos objetivos inicialmente propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 20., 2004, Montpellier. **Proceedings...** Paris, 2004. CDROM.

ALVES, E.A. **Variabilidade espacial e temporal da qualidade do café cerejeira produzido na região das Serras de Minas**. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, 2009.

BUENAVENTURA, C.; CASTAÑO, J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotipo 206B en Colombia. **Cenicafé**, v. 53, n. 2, p. 119-131, 2002.

CADOT, Y.; CAILLÉ, S.; THIOULET-SCHOLTUS, M.; SAMSON, A.; BARBEAU, G.; CHEYNIER, V. Characterisation of typicality for wines related to terroir by conceptual and by perceptual representations. An application to red wines from the Loire Valley. **Food Quality and Preference**, v. 24, p. 48–58, 2012.

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**, v.29, n.3, p.590-597, 2005.

CLIFFORD, M.N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N.; WILSON, K.C. (Eds.). *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. London: Croom Helm, 1985. p.305-359.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Boletim. Safra 2010/2011, Quarta estimativa. Dezembro/2011. 25p.



CONRADIE, W.J., CAREY, V., BONNARDOT, V., SAAYMAN, D.; VAN SCHOOR, L.H. Effects of different environmental factors on the performance of Sauvignon blanc grapevines in the Stellenbosch/Durbanville districts of South Africa. I. Geology, soil, climate, phenology and grape composition. **South African Journal Enology Viticole**, v. 23, n. 2, p. 78-91. 2002.

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

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

DELOIRE, A.; VADOUR, E.; CAREY, V.; BONNARDOT, V.; Van LEEUWEN, C. Grapevine response to terroir: A global approach. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**. v. 39, n. 4, p. 149-162. 2005.

DICUM, G.; LUTTINGER, N. **The Coffee Book**: anatomy of the industry from crop to the last drop. New York: The New York Press, 196p. 1999.

FAGAN, E.B.; SOUZA, C.H.E.; PEREIRA, N.M.B.; MACHADO, V.J. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea sp*) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Economics and statistics**. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em: 28 de março de 2012.

FISHER, J. Scaling of terroir and geospatial mapping of vineyard soils via electromagnetic induction. **In**: 19<sup>o</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia, p.1-6, 2010.

GAY, P.; BERRUTO, R.; PICCAROLO, P. Fruit Color Assessment for Quality Grading Purposes. p. 1-9, 2002. **In**: ASAE Annual International Meeting/ CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE. Chicago, Illinois , USA, 2002.

GOULET, E.; MORLAT, R. The use of surveys among wine growers in vineyards of the middleLoire Valley (France), in relation to terroir studies. **Land Use Policy**, v.28, p. 770-782, 2011.

GUYOT, B., GUEULE, D., MANEZ, J. C., PERRIOT, J. J., GIRON, J., e VILLAIN, L. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. **Plantations, Recherche, Developpement**, v.3, n.4, p.272-283, 1996.

HEMERLY, F.X. **Cadeia produtiva do café no Estado de São Paulo**. 2000. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas.

KOUNDOURAS, S.; Van LEEUWEN, C.; SEGUIN, G.; GLORIES, Y. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caracteristiques des vins en zone mediterraneenne. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 33, n. 4, p. 149–160. 1999.

KUMŠTA, M.; PAVLOUŠEK, P.; KUPSA, J. Influence of terroir on the concentration of selected stilbenes in wines of the cv. Riesling in the Czech Republic. **Journal Horticultural Science**, v. 39, n. 1, p. 38-46, 2012.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; NETO, A.P. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1521-1530, 2007.

MACÍAS, M.A.; RIAÑO, L.C.E. Café orgánico: caracterización; torrefacción y enfriamiento. **Cenicafé**, v.53, n.4, p.281-292, 2002.

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. Avaliação da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) fertilizado com diferentes fontes e doses de potássio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.5, p.9-14, 2002.

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; SILVA, F.A. de M. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1246-1252, 2003.

MEGGIO, F.; TEJADA, P.J.Z.; NÚÑEZ, L.C.; CANTÓ, G.S; GONZÁLEZ, M.R.; MARTÍN, P. Grape quality assessment in vineyards affected by iron deficiency chlorosis using narrow-band physiological remote sensing indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 9, p. 1968-1986, 2010.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G.; BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 31, n. 2, p. 413-419, 2007.

MORLAT, R. Terroirs viticoles : e'tude et valorisation. Chaintre: **Oeno Plurimédia**, 118 p. 2001.

NOGUEIRA, A.M.; CARVALHO, S.P.; BARTHOLO, G.F.; MENDES, A.N.G. Avaliação da produtividade e vigor vegetativo de linhagens das cultivares catuaí vermelho e catuaí amarelo (*Coffea arabica* L.) Plantadas individualmente e em diferentes combinações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 27-33, 2005.

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

PRODOLLIET, J. **Coffee Quality Assurance: Current Tools and Perspective**. ASIC, 20<sup>th</sup> colloquium, India, Bangalore, p 120-145, 2004.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.11, p.26-40, 1985.

ROLLE, L.; SIRET, R.; SEGADE, S.R.; MAURY, C.; GERBI, V.; JOURNJON, F. Instrumental Texture Analysis Parameters as Markers of Table-Grape and

Winegrape Quality: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 63, p. 11-28; 2012.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; ALVES, A.I. Estudo espacial do rendimento de grãos e porcentagem de casca de duas variedades de *Coffea arabica* L. visando a produção de café de qualidade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 558-565, 2010.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; QUEIROZ, D.M. Métodos em Cafeicultura de Precisão: Conceitos e Técnicas. **In: Tópicos especiais em produção vegetal II**. 1 ed. Alegre: UFES, v. 2, p. 503-522, 2011.

TESIC, D.; WOOLEY, D.J.; HEWETT, E.W.; MARTIN, D.J. Environmental effects on cv Cabernet Sauvignon grown in Hawke's Bay, New Zealand 1 – Phenology and characterization of viticultural environments. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 8, p. 15–26. 2001.

Van LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONÉ, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. Influence of climate, soil and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, p. 207–217, 2004.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture. **Journal Wine Res.** N. 17, p. 1–10, 2006.

VAUDOUR, E. The Quality of Grapes and Wine in Relation to Geography: Notions of Terroir at Various Scales. **Journal of Wine Research**. v. 13, n. 2, p. 117–141. 2002.

VIANA, J.J.S. **Aplicação de um modelo mundial para café diferenciado por origem**. 2003. 131 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

WEBB, L.B.; WHETTON, P.H.; BHEND, J.; DARBYSHIRE, R.; BRIGGS, P.R.; BARLOW, E.W.R. Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 259–264, 2012.

ZOU, J.F.; PENG, Z.X.; DU, H.J.; DUAN, C.Q.; REEVES, M.J.; PAN, Q.H.  
Elemental Patterns of Wine, Grape, and Vineyard Soil from Chinese Wine-  
Producing Regions and Their Association. **American Journal of Enology  
and Viticulture**, v. 63, n.1, p. 1-10, 2012.

## CAPÍTULO II

### CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DOS *TERROIRS* DE CAFÉ NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA – MG

#### RESUMO

A diferenciação dos cafés através da noção de *terroir* permite determinar áreas potenciais para a produção de cafés especiais e caracterizar o tipo de café dessas áreas, explorando suas potencialidades. O objetivo desse trabalho foi caracterizar e delimitar *terroirs* de produção de café de lavouras no município de Araponga – MG a partir da qualidade dos frutos produzidos nas mesmas. Os dados foram coletados em quatro lavouras identificadas como Fazenda Braúna, Fazendas João Andrade Baixa e Alta e Fazenda Serra do Boné, as quais apresentaram uma variação de altitude de 770 a 1270 m, dentro de extrato crescente. Em cada talhão das lavouras, foram coletadas amostras de frutos cereja que, depois de secas e beneficiadas, foram submetidas à uma análise sensorial, onde foram atribuídas notas variando de 0 a 100 pontos para a qualidade global da bebida e também para características relativas à sua doçura, corpo, acidez, sabor e equilíbrio. Foi avaliada a variabilidade espacial da qualidade através do índice de Moran. Para a definição dos *terroirs* de produção de café, as notas médias de qualidade, foram comparadas através de testes de separação e os valores individuais dos talhões foram submetidos à uma análise de agrupamentos. A fazenda Serra do Boné apresentou valores médios superiores para a qualidade global, doçura e sabor da bebida dos cafés quando comparada às demais. Na análise de agrupamentos, foram formados dois *terroirs* distintos, ficando a fazenda Serra do Boné isolada em um e as demais fazendas no outro grupo, os quais são caracterizados por

dois distintos extratos de altitude e que exerceram influencia singular sobre a qualidade dos frutos colhidos, tornando-os diferenciáveis.

**Palavras – chave:** Origem geográfica, qualidade sensorial do café, variabilidade espacial

## **CHARACTERIZATION AND DELIMITATION OF THE *TERROIR* COFFEE IN THE DISTRICT OF ARAPONGA – MG, BRAZIL**

### **ABSTRACT**

The differentiation of coffee through the notion of terroir allows determining potential areas for the production of specialty coffees and characterizing the type characteristic coffee of these areas, exploring its potential. The objective of this study was to characterize and to define terroirs of coffee production plantations in the district of Araponga - MG from the fruits produced in them. Data were collected in four fields identified as Brauna Farm, João Andrade Farms (Low and High) and and Serra do Boné Farm, which showed a variation in altitude from 770 to 1270 m, within the extract increased. In each block of crops were sampled cherry fruit that, once dried and benefited, were subjected to a sensory analysis, which were graded from 0 to 100 points for the overall quality of the drink and also for characteristics related to their sweetness, body, acidity, flavor and balance. We evaluated the spatial variability of quality through the Moran index. For the definition of the terroirs of coffee production, the average scores of quality, were compared by testing for separation and the individual values of the plots were subjected to a cluster analysis. The farm's Sierra Cap presented higher mean values for overall quality, sweetness and flavor of the drink of coffee compared to the other. In cluster analysis, were formed two distinct terroirs, leaving the farm of the Sierra isolated in a Hat and other farms in the other group, which are characterized by two different extracts of altitude and exercised unique influence on the quality of the fruits, making them distinguishable.

**Key words:** Geographical origin, sensorial coffee quality, spatial variability

## INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma espécie que apresenta variações de produtividade e qualidade com significativa alternância em função dos locais de produção. Essa característica é resultado integrado de diversos fatores relativos ao sistema de produção, como a topografia, o manejo, o solo, o clima e a própria planta (Aggelopoulou et al., 2009). Estes fatores tomados em conjunto determinam o conceito de *terroir*, onde cada região pode ser representada como um território em que diferentes graus de variabilidade influenciam a planta e afetam as características dos produtos finais (Goulet e Morlat, 2011).

No *terroir*, o local assume uma conotação própria, onde determinados produtos passam a ser dotados de uma identidade singular que irá influenciar na produção (Cadot et al., 2012). Fisher (2010) afirma que a abordagem do *terroir* é ampla e construída a partir de uma simbiose de fatores naturais, tecnológicos e sociais resultando na especificidade dos produtos.

A proposta do *terroir* tem sido amplamente utilizada na cultura da videira e a influência dos diferentes fatores ligados à caracterização dos *terroirs* sobre a composição e qualidade das uvas tem sido demonstrada por vários autores (Koundouras et al., 1999, Tesic et al., 2001; Conradie et al., 2002; Van Leeuwen et al., 2004; Fisher, 2010; Cadot et al., 2012). Tais autores têm relatado em seus estudos que a diferenciação dos *terroirs* deve ser iniciada a partir da identificação de diferenças na qualidade dos produtos. A partir desse ponto inicial, avaliam-se, minuciosamente, as demais características que variam espacialmente como as microclimáticas, pedológicas e de relevo, as quais exercem influência sobre a qualidade da bebida do café (Naranjo et al., 2011).

No caso dos cafés, as possibilidades de diferenciação e segmentação passam pela análise da qualidade final da bebida, especificamente dos denominados cafés especiais. Um café especial apresenta uma série de



atributos diferenciáveis que incluem as características físicas: sua origem, variedade, cor e tamanho; as características sensoriais: como sabor, corpo e aroma; e até preocupações de ordem ambiental e social com os sistemas de produção e as condições dos cultivos (Dicum e Luttinger, 1999).

A diferenciação dos cafés através da noção de *terroir* permite determinar áreas potenciais para a produção de cafés especiais e caracterizar o tipo de café característico dessas áreas, explorando suas potencialidades. Goulet e Morlat (2011) afirmam que a definição e caracterização dos *terroirs* é uma excelente alternativa para a melhoria da acessibilidade de mercados externos aos diferentes tipos de cafés produzidos em uma região e, conseqüentemente, maior valorização dos produtos oriundos dessas, como já acontece com os vinhos.

Aliado a esses fatores, Byers et al. (2008) afirmam que é crescente, em todo o mundo, a demanda por cafés especiais, o que impulsiona os estudos e avaliações que buscam a expressão de atributos intrínsecos de qualidade de café obtidos a partir das interações entre o ambiente de produção, as características genéticas das plantas e também as práticas de manejo (Läderach et al., 2011).

Diante do exposto, a hipótese desse trabalho está alicerçada no fato de que é possível adotar o conceito do *terroir* para a cafeicultura brasileira e que, dentro de uma região produtora do estado de Minas Gerais é possível identificar características de qualidade que permitam definir diferentes *terroirs*. Com isso, o objetivo desse trabalho foi estudar a variabilidade espacial da qualidade e caracterizar e delimitar *terroirs* de produção de café em lavouras no município de Araponga – MG a partir da avaliação sensorial dos frutos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido na safra de 2010/2011 em quatro lavouras localizadas no município de Araponga – MG, na Mesorregião da Zona da Mata Mineira, atualmente denominada Serras de Minas. O município de Araponga está localizado a 20° 40' de latitude Sul e 42° 31' de longitude Oeste. Possui uma área de 303,68 km<sup>2</sup>. A altitude média do município é de

cerca de 1300 m (variando de 600 m a 2000 m de altitude), sendo o clima do tipo tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 19° C, com variações entre 12° (média das mínimas) e 26° C (média das máximas) (IBGE, 2010).

### **Descrição das áreas de estudo**

O trabalho foi iniciado com um levantamento topográfico das áreas de produção de café, utilizando-se aparelhos DGPS (L1) Marca Magellan, Modelo Promark 3, com correção diferencial pós-processada. Para fazer a correção diferencial dos dados, foram utilizados os dados da base da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE, localizada na Universidade Federal de Viçosa.

Paralelamente ao trabalho de levantamento de dados foi feita a codificação e caracterização dos talhões de produção de café de cada propriedade. Essa caracterização envolveu os seguintes fatores: variedade plantada, idade da lavoura, espaçamento e número de plantas por talhão. Considerou-se como talhão uma área homogênea quanto às características culturais: orientação em relação ao sol, espaçamento, idade e variedade do café, delimitada por caminhamentos ou curvas de nível.

As propriedades foram identificadas em: (A) JA\_B (Fazenda João Andrade Baixa); (B) Braúna (Fazenda Braúna); (C) JA\_A (Fazenda João Andrade Alta); e (D) Boné (Fazenda Serra do Boné).

Na Tabela 1 encontra-se a caracterização dos talhões de cada lavoura de café do município de Araponga, MG, envolvidas no estudo de caracterização e delimitação dos *terroirs* de produção de café.

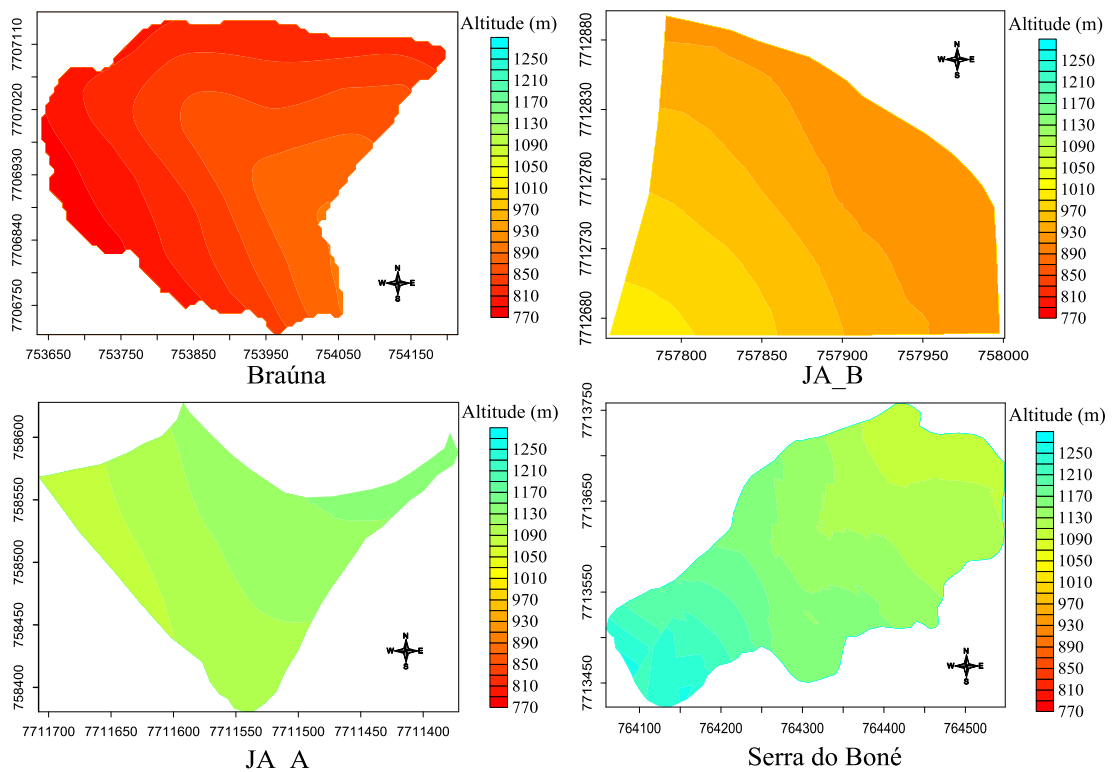
**Tabela 1.** Caracterização dos talhões de cada lavoura no município de Araponga, MG, destacando a idade da lavoura, variedade, espaçamento, área de cada talhão e número de plantas por talhão

Nome	Talhões	Ano de Plantio	Variedade	Espaçamento (m)	Área (ha)	Nº de Plantas
JA_B	JAB_1	1999	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	0,5247	1833
	JAB_2	1999	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	0,9585	3052
	JAB_3	1999	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	1,2585	4015
	JAB_4	1999	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	0,8896	1783
Braúna	BR_1	2001	Catuaí Saulo	2,00 x 1,00	0,7809	7809
	BR_2	1999	Catuaí MG99	2,00 x 0,50	0,6178	6178
	BR_3	1999	Catuaí MG99	2,00 x 0,50	0,9010	9010
	BR_4	1999	Catuaí MG99	2,00 x 0,50	0,8272	8272
	BR_5	1999	Catuaí MG99	2,00 x 0,50	0,7757	7757
	BR_6	2001	Catuaí	2,00 x 0,50	0,5543	5543
	BR_7	2001	Catuaí	2,00 x 0,50	0,7946	7946
	BR_8	2011	Catuaí	2,00 x 0,50	0,3913	3913
	BR_9	2002	Catuaí Saulo	2,50 x 0,50	0,5149	4119
	BR_10	2002	Catuaí Saulo	2,50 x 0,50	1,4897	11917
	BR_11	2002	Catuaí Saulo	2,50 x 0,50	0,4256	3404
	BR_12	2002	Catuaí Saulo	2,50 x 0,50	1,1980	9584
JA_A	JAA_1	2007*	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	1,4451	4817
	JAA_2	2007*	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	1,1092	3697
	JAA_3	2007*	Catuaí Vermelho	3,00 x 1,00	0,6726	2242
Boné	BN_1	2006	Catuaí Amarelo	2,00 x 1,00	0,8962	4481
	BN_2	2006	Catuaí Amarelo	2,00 x 1,00	0,9521	4761
	BN_3	2005	Catuaí Vermelho	2,00 x 1,00	1,9119	9560
	BN_4	2005	Bourbon Amarelo	2,00 x 1,00	1,0561	5281
	BN_5	2005	Catuaí Vermelho	2,00 x 1,00	1,6978	8489
	BN_6	2005	Catuaí Vermelho	2,00 x 1,00	1,1452	5726
	BN_7	2005	Bourbon Amarelo	2,00 x 1,00	0,8048	4024

\* Ano em que a lavoura foi recepada.

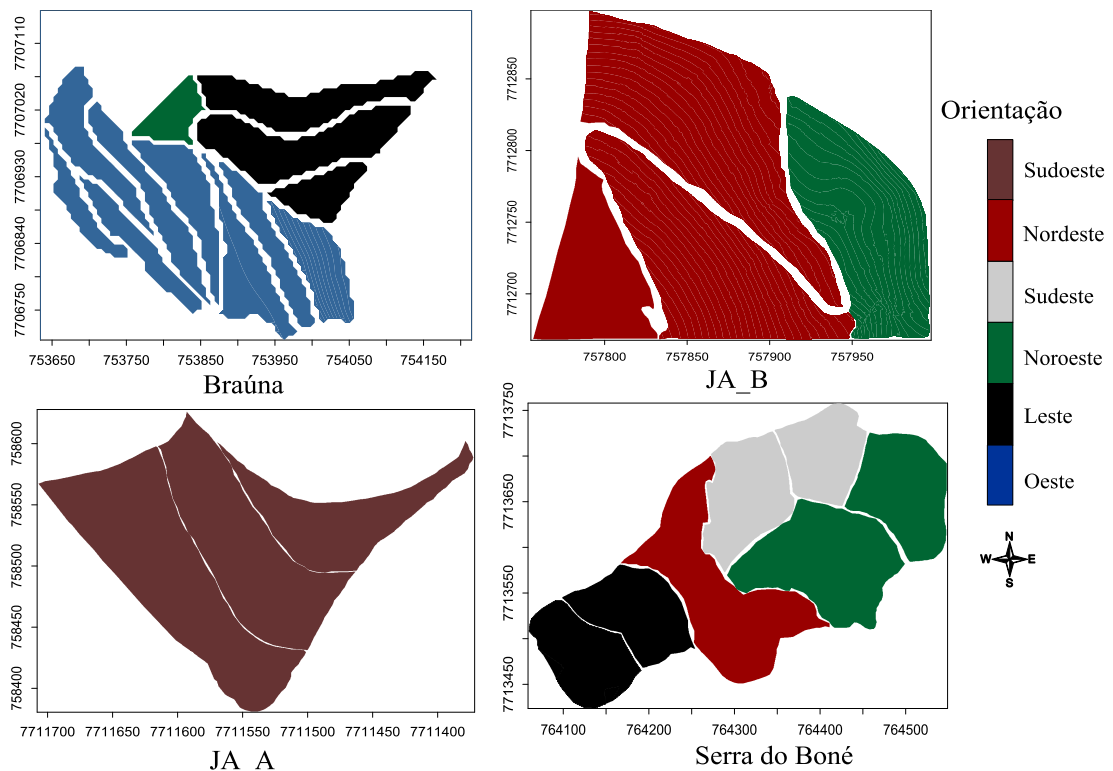
A escolha das lavouras levou em consideração diferenças significativas entre estas, principalmente no que diz respeito a altitude das

mesmas, de forma a se formar quatro extratos distintos dentro de uma sequencia intervalar, conforme se observa na Figura 1.



**Figura 1.** Modelos digitais de elevação para as fazendas Braúna, João Andrade Baixa (JA\_A) e Baixa (JA\_B) e Serra do Boné, no município de Araponga, MG.

As lavouras envolvidas no trabalho foram ainda caracterizadas quanto à sua face de orientação (exposição) ao sol, sendo essa caracterização representada a nível de talhão (Figura 2), uma vez que esse representou a unidade básica das determinações de qualidade da bebida do café.



**Figura 2.** Caracterização das fazendas Braúna, João Andrade Baixa (JA\_A) e Baixa (JA\_B) e Serra do Boné com relação à face de orientação ao sol dos talhões.

### **Coleta e processamento de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida**

A metodologia de coleta de amostras de café, seu processamento e beneficiamento foi executada com critérios técnicos utilizados por Cerqueira (2008) e Alves (2009) em trabalhos com café na mesma região.

Para tal, em cada talhão, no momento da colheita foram amostradas aleatoriamente cerca de 30 plantas por hectare. Em cada planta, foram colhidos manualmente os frutos cereja de quatro ramos, um par em cada lado da planta, voltados para as entrelinhas. A escolha desses ramos foi aleatória, de forma que esses frutos sejam representativos da planta e da parcela. Os frutos coletados foram posteriormente agrupados, formando uma amostra composta por talhão.

As amostras de frutos foram descascadas, utilizando-se um descascador manual com fluxo de água contínuo. Em seguida, as amostras

foram secas, artificialmente, com temperatura do ar de secagem de 40° C, até atingirem o teor de água aproximada de 12% b.u, utilizando um secador de amostras de leito fixo em bandejas, com queimador a gás. O teor de água dos frutos foi monitorado por meio de um medidor digital de umidade para cereais marca Gehaka, modelo G800.

As amostras secas foram beneficiadas utilizando-se um descascador de amostra portátil modelo DRC-1 nº 830. Em seguida, as mesmas foram acondicionadas em embalagens plásticas e armazenadas por um prazo aproximado de dois meses até a realização do teste de qualidade física e sensorial.

### **Avaliação da qualidade dos cafés produzidos no município de Araponga-MG**

A qualidade do café foi avaliada por meio da análise de suas características físicas e pela análise sensorial, denominada popularmente como teste de bebida.

As amostras foram classificadas, anteriormente à análise sensorial de qualidade, quanto ao tamanho do grão (peneira) e número de defeitos.

A qualidade sensorial do café foi avaliada pela “prova de xícara” por meio das características de doçura, sabor, acidez, corpo, equilíbrio e qualidade global, de forma a fomentar uma pormenorização capaz de permitir a diferenciação entre bebidas de elevada qualidade e muito semelhantes, visando definir características inerentes ao local onde o café é produzido. As análises foram realizadas segundo as regras de competições nacionais e internacionais da Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America - SCAA) e de acordo com formulário de avaliação sensorial de café da própria associação.

A metodologia usada tem como característica principal avaliar de maneira objetiva a bebida e não os defeitos dos cafés, pontuando-a numa escala de zero a cem pontos (Tabela 2), sendo esta a avaliação máxima. De acordo com essa classificação um café especial não pode ter defeitos, e deve ter no mínimo um atributo bem definido de aroma, corpo, sabor ou acidez (SCAA, 2008).

**Tabela 2.** Chave da SCAA para classificação sensorial de cafés especiais.

<b>Pontuação Total</b>	<b>Descrição Especial</b>	<b>Classificação</b>
90 – 100	Exemplar	Especial Raro
85 – 89,99 (Abaixo de 90)	Excelente	Origem Especial
80 – 84,99 (Abaixo de 85)	Muito Bom	Premium
< 80 (Abaixo de 80)	Abaixo da Qualidade Especial	Abaixo de Premium

Fonte: Adaptado de SCAA (2008).

De acordo com metodologia da SCAA (2008), todos os cafés que apresentarem notas inferiores a 80 sequer serão classificados, ou seja, um café que não apresentar características que reflita um sabor original e particular de qualidade ou que apresentar defeitos será desconsiderado na classificação.

O teste sensorial (prova de xícara) foi realizado por três provadores, efetuando-se apenas uma determinação por degustador por amostra. Cada amostra foi composta de cinco xícaras a serem analisadas quanto às características sensoriais discutidas acima.

A análise deste conjunto de critérios de qualidade determinou o valor da nota final global de cada amostra, sendo calculadas as médias de valores dos critérios de qualidade, obtendo-se uma nota única de qualidade por amostra.

### **Análise da Variabilidade Espacial da Qualidade do café**

Inicialmente foram gerados mapas temáticos da qualidade global da bebida do café para cada uma das fazendas envolvidas no estudo. Os mesmos foram exportados para o ArcMap do ArcGIS 9.3 para analisar a variabilidade espacial da qualidade.

Por meio dos mapas de variabilidade espacial da qualidade de bebida foi realizado o estudo da autocorrelação ou arranjo espacial da qualidade de acordo com Ebdon (1997). Testou-se, por meio do teste Z, a hipótese do arranjo ser aglomerado ou disperso, buscando-se definir a forma de dispersão espacial do atributo estudado na área definida.

Uma forte autocorrelação espacial significa que os valores adjacentes ou próximos são fortemente relacionados. Espera-se que um arranjo espacial aglomerado tenha poucas junções entre diferentes classes geradas no mapa. Em contrapartida, se o arranjo for disperso existirão junções em maior número. Essa união é considerada aleatória quando se encontrar com um número intermediário de junções. Para se medir a autocorrelação espacial utilizou-se o índice de Moran (I), conforme descrito por Ebdon (1997), testando a hipótese de nulidade de que a autocorrelação espacial para a qualidade de bebida é nula, ou seja, o arranjo ou dispersão da qualidade é aleatória.

### **Delimitação dos *terroirs* de produção de café**

A delimitação dos *terroirs* de produção de café foi realizada à partir da diferenciação da qualidade da bebida obtida para as lavouras. Os resultados de qualidade global e de suas características individuais (doçura, sabor, acidez, corpo e equilíbrio) foram submetidos a um teste de separação para identificar diferenças significativas entre os mesmos. Testou-se, utilizando-se o teste t para amostras independentes, ao nível de 5% de probabilidade, a hipótese nula de ausência de diferença significativa entre as médias de tratamentos.

O teste t foi escolhido uma vez que, partiu-se do pressuposto de desconhecimento da variância amostral. No arranjo experimental as fazendas configuraram os tratamentos e os talhões de cada uma, as repetições.

Inicialmente, como premissa do teste t, verificou-se a normalidade dos dados utilizando-se as estatísticas de Shapiro-Wilk's e de Kolmogorov-Smirnov, ambas ao nível de 5% de probabilidade para verificar se a distribuição dos mesmos se apresenta próxima à normal.



Para confirmar os resultados obtidos à partir do teste de separação, os dados foram submetidos à uma análise de agrupamentos (*cluster analysis*). Estas determinações foram obtidas utilizando o método de “Ward” como algoritmo de agrupamento e a distância euclidiana como medida de dissimilaridade (Johnson e Wichern, 2002).

Por meio da avaliação desta dissimilaridade se fez a determinação do ponto de corte, e, portanto, o número de classes ou grupos que se dividiu o conjunto de observações da qualidade do café (global e individual). Este ponto de corte foi obtido segundo o critério da análise visual do dendrograma, no qual se identificou o ponto onde se obteve o maior salto no valor de distância euclidiana para os agrupamentos formados. Este salto ocorre quando existe menor variância dentro dos grupos e a maior entre grupos. Portanto, um grande salto sugere a existência de grupos homogêneos internamente e distantes entre si.

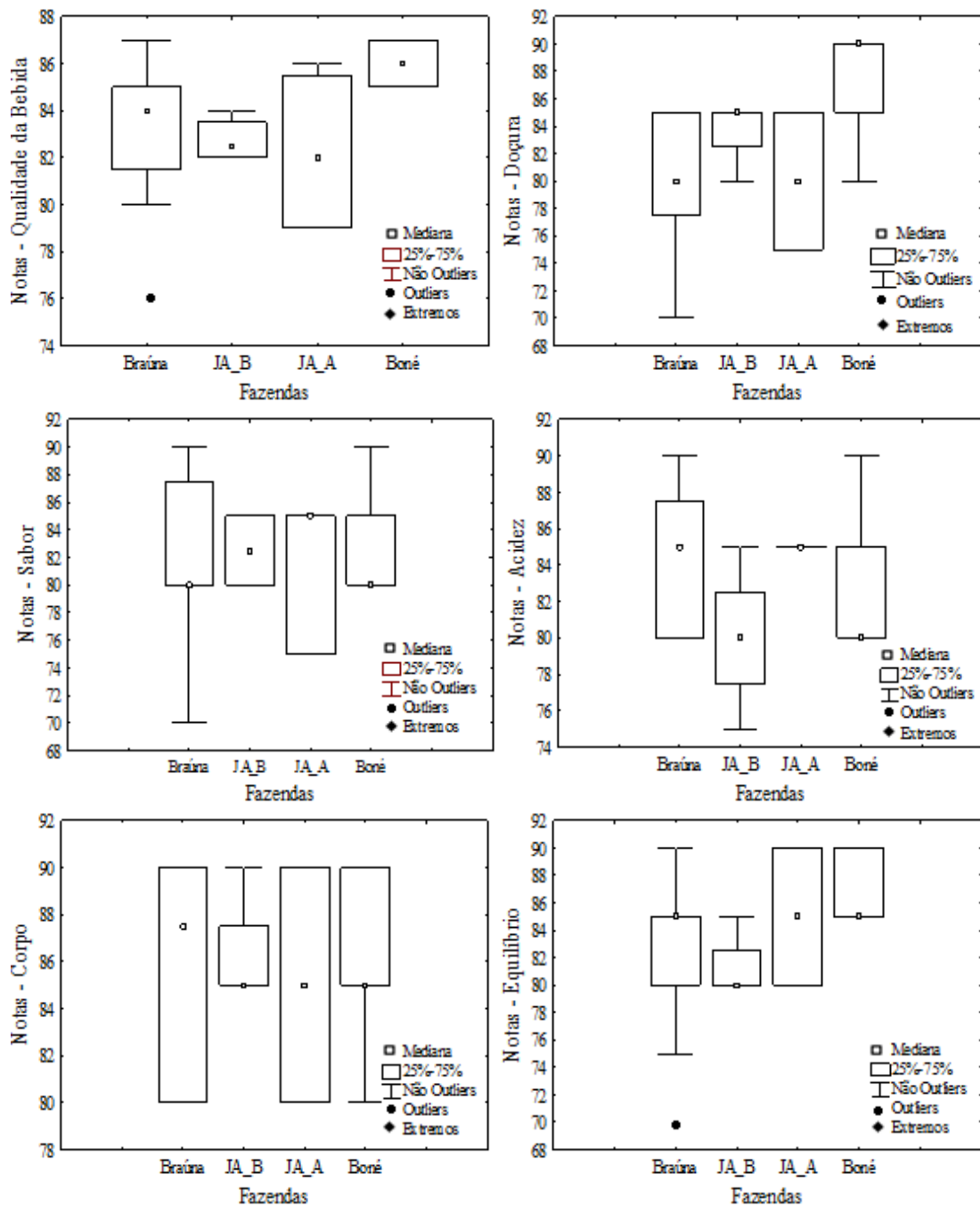
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise da dispersão das notas de qualidade global da bebida e de suas características peculiares para cada uma das lavouras é apresentada na Figura 3.

Através dessa análise é possível perceber que os maiores valores de qualidade global foram obtidos para as fazendas Braúna e Serra do Boné, onde a nota máxima em ambas foi 87. A fazenda JA\_B apresentou nota máxima de 84 enquanto que a fazenda JA\_A nota máxima igual a 86.

Apesar do valor alto para a qualidade global do café observado na fazenda Braúna, esta foi a que apresentou a maior amplitude (dispersão), com variação de 76 a 87 e com 50% dos talhões apresentando notas entre 82 e 85. Na fazenda Serra do Boné, que também apresentou o maior valor de qualidade global, a variação foi pequena, sendo que a totalidade dos talhões apresenta qualidade global entre 85 e 87. De acordo com os critérios da SCAA (2008), os cafés produzidos na fazenda Serra do Boné são em sua totalidade cafés excelentes e classificados como de origem especial. A fazenda Braúna, apesar de possuir cafés nessa categoria, tem sua maior

porcentagem compreendida no grupo dos cafés tidos como muito bons e classificados como cafés premium.



**Figura 3.** Gráfico de caixa da qualidade de bebida do café para as fazendas envolvidas no estudo.

Analisando as características peculiares das amostras de cada fazenda, chama atenção as notas de doçura do café, que são superiores para a fazenda Serra do Boné, variando de 80 a 90, enquanto que as demais fazendas apresentaram nota máxima de 85. Isso é um indício de que a fazenda Serra do Boné tenha potencial para produção de cafés mais

doces que os demais, o que pode ser uma característica imposta pelo local de origem dos grãos.

De uma forma geral, pode-se dizer que as fazendas JA\_B e JA\_A apresentam valores intermediários para todas as características, com exceção da acidez onde a fazenda JA\_B apresentou a menor nota entre as fazendas estudadas.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para as notas de qualidade para as quatro fazendas envolvidas no estudo. Os índices de Moran indicam o comportamento da autocorrelação em que valores menores que o índice esperado, demonstram tendência de dispersão, enquanto valores positivos indicam tendência de aglomeração das áreas contíguas.

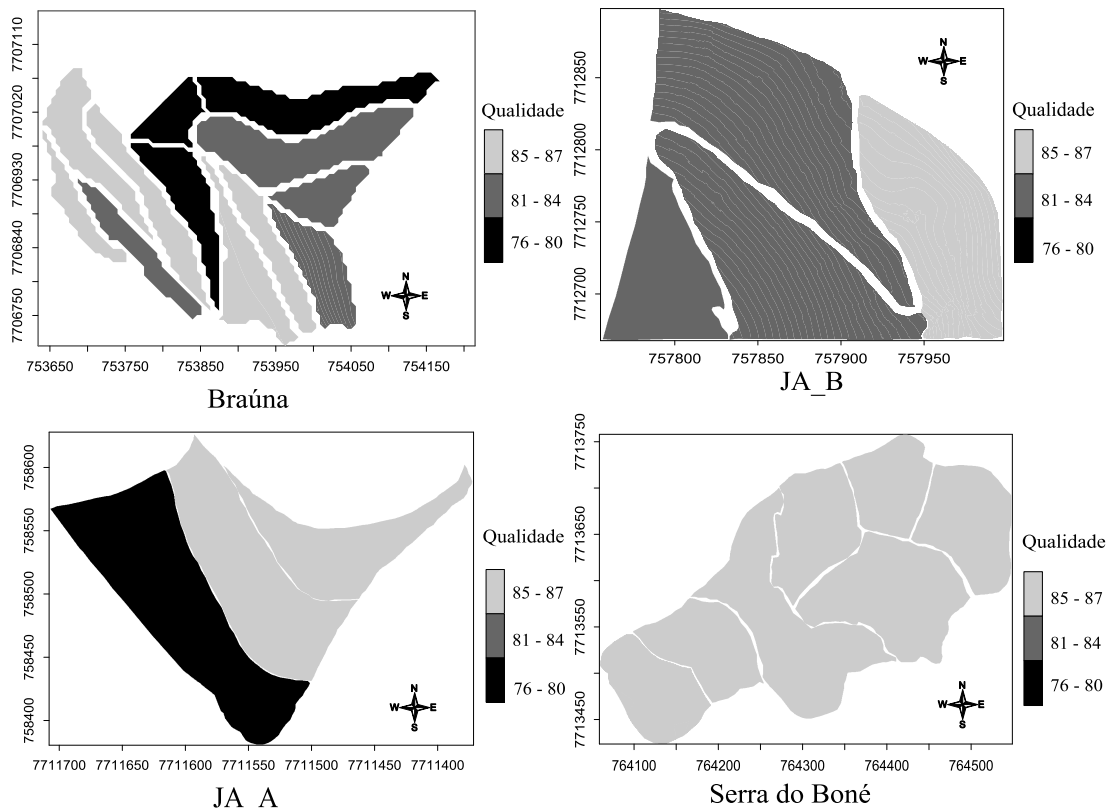
**Tabela 3.** Valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para as lavouras envolvidas no trabalho

Índice de Moran Global					
Fazendas	Índice de Moran	Índice Esperado	Variância	Z-Score	p_Value
Braúna	0,32	-0,09	0,07	1,57	0,02
JA_B	-0,88	-0,33	0,09	-1,86	0,06
JA_A	0,92	-0,33	0,77	1,42	0,01
Boné	-0,16	-0,17	0,15	0,19	0,85

As fazendas Braúna e JA\_A apresentaram padrão agrupado rejeitando a hipótese de nulidade de autocorrelação nula para a distribuição espacial das notas nos talhões. As fazendas JA\_B e Boné, por sua vez, apresentaram autocorrelação nula. Desta forma, pode se dizer que a variabilidade espacial da qualidade é observada apenas nas fazendas Braúna e JA\_A, sendo o comportamento das demais fazendas tido como aleatório e não dependente de um padrão de distribuição que possa ser explicado. Esse padrão se deve, principalmente, à amplitude encontrada para as fazendas, conforme discutido anteriormente, ou seja, apenas aquelas fazendas que apresentaram maiores variações nos valores de

qualidade global apresentaram variabilidade espacial para essa variável. Estes resultados não seguem o padrão discutido por Alves (2009) estudando a variabilidade espacial da qualidade de cafés de montanha. O autor relata que parece existir uma ligação entre a qualidade e a distribuição espacial, pois é uma tendência que somente regiões que se destacam em termos da qualidade produzida apresentam dependência espacial, o que não foi evidenciado no presente trabalho.

A relação entre qualidade e dependência espacial fica mais evidente quando se observa os mapas de variabilidade espacial apresentados na Figura 4. A escala dos mapas foi dividida de acordo com chave da SCAA para classificação sensorial de cafés especiais, conforme apresentado na Tabela 2.



**Figura 3.** Mapas de variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade global da bebida do café cereja nas fazendas Braúna, João Andrade Alta (JA\_A) e Baixa (JA\_Baixa) e Serra do Boné.

Conforme mencionado anteriormente a fazenda Serra do Boné apresentou em sua totalidade cafés com qualidade tida como excelente e

classificados como de origem especial. Dos quatro talhões da fazenda JA\_B, três deles têm cafés tidos como muito bons e classificados como premium, sendo o outro talhão classificado como excelente.

Nas demais fazendas observa-se maior variação nas notas de qualidade, sendo que a fazenda Braúna tem exemplares de cafés das três classes propostas na escala. Percentualmente, 25% dos talhões da fazenda produziram cafés com qualidade abaixo da especial, 33% produziram cafés com qualidade muito boa e 42% dos talhões produziram cafés excelentes.

Analisando, de forma comparativa as médias de qualidade global e características peculiares de cada fazenda (Tabela 4) fica nítida a variação existente entre as fazendas.

Observa-se que os valores de qualidade global apresentaram diferença significativa para as comparações entre a fazenda Serra do Boné com as demais, apesar da Fazenda Braúna também apresentar cafés com qualidade superior conforme mencionado anteriormente.

As características de doçura e sabor apresentaram o mesmo comportamento observado para a qualidade global dos cafés. Diante disso, é possível inferir que os cafés produzidos na fazenda Serra do Boné são mais doces e se diferenciam dos produzidos nas demais fazendas. Como o processamento dos frutos foi realizado dentro dos padrões para a produção de cafés especiais e realizados igualmente para todas as amostras de todas as fazendas, tudo indica que esse comportamento seja resultado da ação do local onde o café é produzido, confirmando a hipótese levantada nesse trabalho de que, dentro de uma região produtora do estado de Minas Gerais é possível identificar características de qualidade que permitam definir diferentes *terroirs* de produção de café.

**Tabela 4.** Diferença entre médias das variáveis de qualidade para as fazendas envolvidas no estudo.

Fazendas	Variáveis de Qualidade					
	Qualidade	Doçura	Sabor	Acidez	Corpo	Equilíbrio
Braúna	82,83b	80,83b	82,08b	84,16a	85,83a	82,08b
JA_B	83,50b	83,75b	82,50b	80,00a	86,25a	81,25b
JA_A	82,25b	80,00b	81,67b	85,00a	85,00a	85,00ab
Boné	86,00a	87,85a	86,42a	82,85a	85,71a	87,14a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Silva et al. (2004), a doçura da bebida do café é oriunda de valores mais elevados de açúcares presentes no grão cru. Esses autores relatam que durante a torração, a sacarose, que é o açúcar presente em maior quantidade, é degradada, sendo utilizada nas reações de Maillard e caramelização, que originam vários compostos voláteis e não-voláteis responsáveis pela característica mais adocicada dos cafés. Diante disso, é possível dizer que existe uma tendência de que a região onde se encontra a fazenda Serra do Boné favoreça a acumulação de açúcares nos graus crus de café, o que não se observa nas demais fazendas.

No que diz respeito às demais características intrínsecas da bebida do café, não foi possível definir uma padrão diferencial entre as fazendas. Tanto a acidez como o corpo da bebida não apresentaram diferença significativa entre as fazendas, sendo essa característica semelhante para todas. O equilíbrio apresentou uma estrutura intermediária para a Fazenda JA\_A e extrema para as fazendas Serra do Boné (limite superior) e Braúna e JA\_B (limites inferiores).

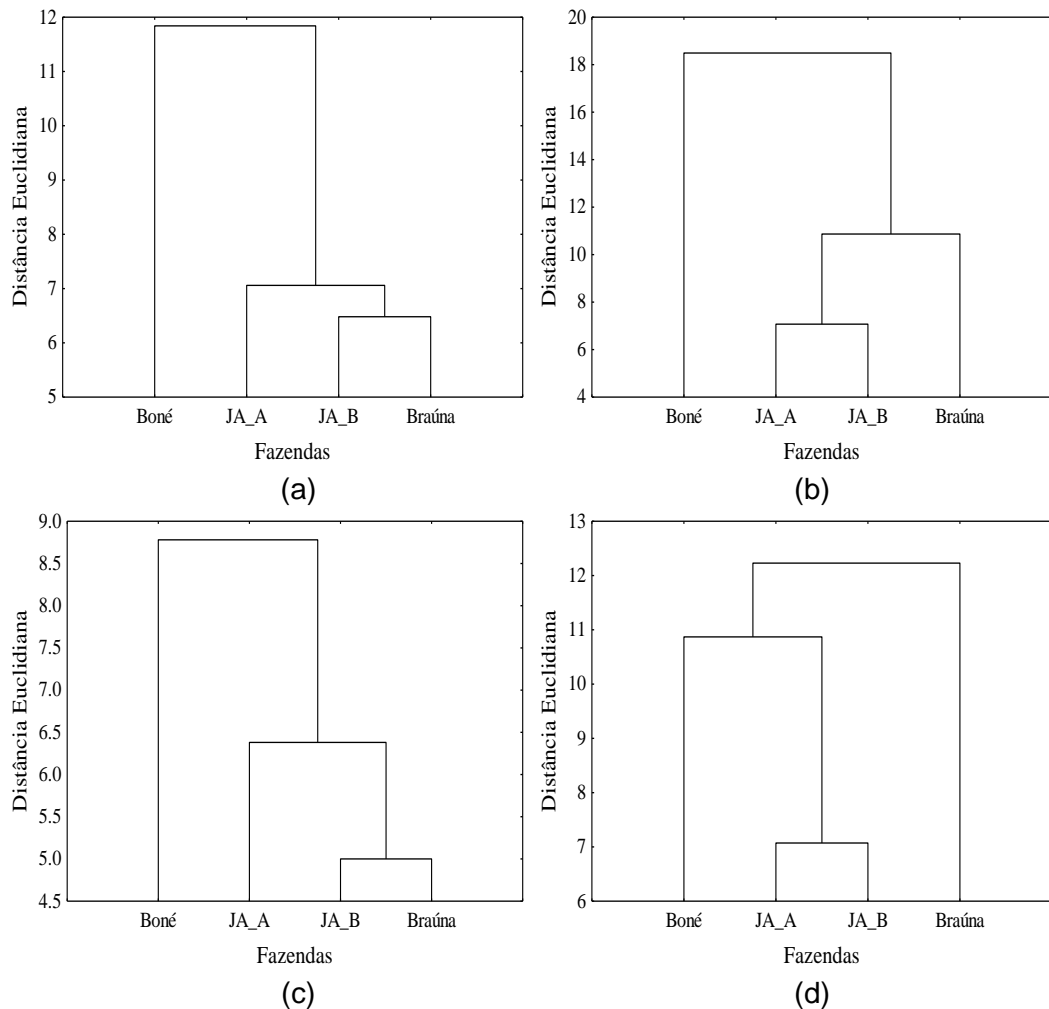
Um fato importante a ser relatado, diz respeito às características qualitativas das variedades produzidas na fazenda Serra do Boné. De acordo com Oliveira et al. (1979) e Mendonça et al. (2007), a variedade Bourbon tende a produzir cafés com qualidade superior, principalmente para a característica de doçura. Entretanto, ao se observar o mapa da Figura 3, não se observa na fazenda Serra do Boné, variação para a qualidade dos cafés em função da variedade cultivada, uma vez que todos os talhões apresentaram notas entre 85 e 87. Esse resultado corrobora a afirmação de

Malta et al. (2002) de que, em comparação com outras variedades a qualidade superior das bebidas obtidas à partir de cafés Bourbon nem sempre é evidenciada, uma vez que a interação genótipo e ambiente pode provocar diferenças na qualidade da bebida.

Essa questão reforça a hipótese de que existe pelo menos dois *terroirs* de café no município de Araponga – MG e que esses exercem influência direta sobre a qualidade da bebida.

As características que apresentaram diferenças significativas entre as fazendas a partir do resultado do teste de separação apresentado na Tabela 4, foram submetidas a uma análise de agrupamentos usando o método de Ward como algoritmo e a distância euclidiana como medida de dissimilaridade. Essa análise foi realizada com a finalidade de identificar se os grupos indicados pelo teste de separação se confirmariam e a fim de subsidiar a confirmação da existência de diferentes *terroirs* de produção de café no município de Araponga – MG. Os resultados para essa análise de agrupamentos podem ser observados na Figura 4.

É possível observar que, com exceção do equilíbrio, há a formação de dois grupos distintos entre as lavouras envolvidas no estudo. Para as três características (qualidade global, doçura e sabor) a fazenda Serra do Boné se encontra isolada em um dos grupos enquanto que as demais fazendas compõem o outro grupo.



**Figura 4.** Dendrograma relativo à análise de agrupamento dos valores de qualidade global (a), doçura (b), sabor (c) e equilíbrio (d) da bebida do café para as lavouras estudadas.

Diante desse fato, pode-se afirmar que existem, pelo menos, dois *terroirs* de produção de café no município de Araponga-MG, sendo um caracterizado por altitudes que variam de 860 a 1090 m e outro com altitudes superiores a essa última até o limite de 1270 m ( $\approx 1300$ m). É de conhecimento geral, a influência da altitude sobre a qualidade dos cafés, entretanto essa influência nem sempre se manifesta da mesma forma em todas as regiões produtoras. Silva et al. (2004), por exemplo, avaliando a qualidade dos cafés produzidos no sul de Minas Gerais observaram que os cafés produzidos na faixa de altitude de 920 a 1100 m, apresentaram corpo e acidez mais fracos e doçura mais alta do que os produzidos na faixa de 720 a 920 metros. Os resultados obtidos por esses autores diferem dos



encontrados no presente estudo, uma vez que dentro desse extrato de altitude, não se observou diferença significativa entre essas características sensoriais relatadas por esses autores. Desta forma, pode afirmar que, na maioria das vezes, os fatores inerentes à produção e peculiares de cada região produtora conferem aos cafés características que os diferencia dos demais, não necessariamente em termos de qualidade global, mas de característica sensoriais individuais.

É interessante observar que dentro de uma área de dimensões reduzidas, frente a toda área de produção de café brasileira, seja possível definir padrões de bebida diferentes que acompanham um padrão geográfico de *terroir*. Isso indica que se houver uma expansão dos estudos para áreas mais extensas, envolvendo diferentes regiões produtoras de café, será possível definir padrões bem específicos de cada uma e contribuir de forma significativa para a valorização do mesmo nos mercados consumidores. De acordo com Cadot et al. (2012), a introdução da noção de *terroir* na cultura do vinho foi fundamental para que, através da diferenciação dos mesmos, o produto atingisse mercados específicos e cada vez mais exigentes. Para Vazquez et al. (2010), diferenciar um produto em função do seu *terroir* é bem mais que dar-lhe um rótulo com sua especificação de origem, mas fazer com que esse carregue toda a impressão de um local especial capaz de produzir um produto único.

Os resultados apresentados nessa pesquisa mostram que certas generalizações feitas para a qualidade do café, em termos de regiões não podem ser feitas sem prévios estudos, ou seja, não se pode afirmar que todos os cafés produzidos na Região das Serras de Minas, por exemplo, apresentam sabores mais adocicados. É preciso identificar as diferenças dos cafés e igualmente os fatores que são mais determinantes para que tais características sejam expressas.

## **CONCLUSÕES**

As fazendas apresentaram diferentes padrões de variação dos valores de qualidade global e de suas características intrínsecas, sendo que

a fazenda Serra do Boné apresentou a menor amplitude de distribuição, principalmente para as notas de qualidade global, com reduzida dispersão.

Apenas as fazendas Braúna e JA\_A apresentaram, pelo índice de Moran, padrão agrupado sendo nessas observado variabilidade espacial da qualidade. O comportamento das demais fazendas foi classificado como aleatório e não dependente de um padrão de distribuição que possa ser explicado.

A fazenda Serra do Boné se destacou em relação às demais com base na qualidade global média e também nos valores médios de doçura e sabor dos cafés, enquanto que para as demais características esse padrão não foi evidenciado, o que confirmou a existência de relação entre a qualidade de bebida e as características dos seus locais de produção.

O estudo foi eficiente para identificar *terroirs* para a cafeicultura de montanha e permitindo assim diferenciar os cafés em função dos seus locais de produção.

O município de Araponga – MG possui mais de um *terroir* de produção de café caracterizado por dois distintos extratos de altitude, sendo um para as regiões de menor altitude e outro para regiões mais elevadas, e estes exercem influencia singular sobre a qualidade dos cafés colhidos, tornando-os diferenciáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGELOPOULOU, K. D.; WULFSOHN, D.; FOUNTAS, S.; GEMTOS, T. A.; NANOS, G. D.; BLACKMORE, S. Spatial variation in yield and quality in a small apple orchard. **Precision Agriculture**. 2009.

ALVES, E.A. **Variabilidade espacial e temporal da qualidade do café cereja produzido na região das Serras de Minas**. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, 2009.

BYERS, A.; GIOVANUCCI, D.; LIU, P. Value-adding Standards in the North American Food Market. **Food and Agriculture organization of the United Nations**, 2008, 88p.

CADOT, Y.; CAILLÉ, S.; THIOUET-SCHOLTUS, M.; SAMSON, A.; BARBEAU, G.; CHEYNIER, V. Characterisation of typicality for wines related to terroir by conceptual and by perceptual representations. An application to red wines from the Loire Valley. **Food Quality and Preference**, v. 24, p. 48–58, 2012.

CERQUEIRA, E.S. **Variabilidade da produtividade e da qualidade do café em três municípios da Zona da Mata Mineira**. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, 2008.

CONRADIE, W.J., CAREY, V., BONNARDOT, V., SAAYMAN, D.; VAN SCHOOR, L.H. Effects of different environmental factors on the performance of Sauvignon blanc grapevines in the Stellenbosch/Durbanville districts of South Africa. I. Geology, soil, climate, phenology and grape composition. **South African Journal Enology Viticole**, v. 23, n. 2, p. 78-91. 2002.

DICUM, G.; LUTTINGER, N. **The Coffee Book: anatomy of the industry from crop to the last drop**. New York: The New York Press, 196p. 1999.

EBDON, D. **Statistics in Geography**. 2 ed. New York: Basil Blackwell Ltda, 1997. 232p.

FISHER, J. Scaling of terroir and geospatial mapping of vineyard soils via electromagnetic induction. **In: 19<sup>o</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World**, Brisbane, Australia, p.1-6, 2010.

GOULET, E.; MORLAT, R. The use of surveys among wine growers in vineyards of the middleLoire Valley (France), in relation to terroir studies. **Land Use Policy**, v.28, p. 770-782, 2011.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 5 ed., 2002. 767p.

KOUNDOURAS, S.; Van LEEUWEN, C.; SEGUIN, G.; GLORIES, Y. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 33, n. 4, p. 149–160. 1999.

LÄDERACHA, P.; OBERTHÜRB, T.; COOKA, S.; IZA, M.E.; POHLANC, J.A.; FISHERD, M.; LECHUGAE, R.R. Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. **Field Crops Research**, v.120, p. 321–329, 2011.

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

MENDONÇA, L.M.V.L.; PEREIRA, R.G.F.A.; MENDES, A.N.G.; BORÉM, F.M.; MARQUES, E.R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br.. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 413-419, 2007.

NARANJO, R.D.P.; BARONI, M.V.; PODIO, N.S.; RUBINSTEIN, H.R.; FABANI, M.P.; BADINI, R.G.; INGA, M.; OSTERA, H.A.; CAGNONI, M.; GALLEGOS, E.; GAUTIER, E.; GARCÍA, P.P.; HOOGEWER, J.; WUNDERLIN, D.A. Fingerprints for Main Varieties of Argentinean Wines: Terroir Differentiation by Inorganic, Organic, and Stable Isotopic Analyses Coupled to Chemometrics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 7854–7865, 2011.

OLIVEIRA, J.C.; AMORIM, H.V.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A. Efeitos da origem, tipo de despulpamento e armazenamento do café na atividade da polifenoloxidase e qualidade da bebida. **Científica**, v.7, n.1, p.79-84, 1979.

SCAA - Specialty Coffee Association of America. Protocolo para análise sensorial de café - Metodologia SCAA. **SCAA Cupping Protocols**. Doc. 5. December, 2008. 13 p.

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

TESIC, D.; WOOLEY, D.J.; HEWETT, E.W.; MARTIN, D.J. Environmental effects on cv Cabernet Sauvignon grown in Hawke's Bay, New Zealand 1 – Phenology and characterization of viticultural environments. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 8, p. 15–26. 2001.

Van LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONÉ, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. Influence of climate, soil and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, p. 207–217, 2004.

VAZQUEZ, E.S.; SEGADE, S.R.; FERNANDEZ, I.O. Effect of the winemaking technique on phenolic composition and chromatic characteristics in young red wines. **European Food Research and Technology**, v. 231, n. 5, 789–802, 2010.

### **CAPÍTULO III**

## **INFLUÊNCIA DO CLIMA, SOLO, TOPOGRAFIA E VARIEDADE NO TERROIR E NA QUALIDADE DO CAFÉ**

### **RESUMO**

O estudo dos *terroirs* está relacionado à compreensão de um território comumente pequeno, em que diferentes fatores locais conferem qualidades distintas aos produtos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência dos fatores climáticos, do solo e da topografia no *terroir* e também na qualidade do café produzido nesses e estabelecer uma base científica para uma melhor compreensão de como o *terroir* influencia o comportamento do cafeeiro. O estudo foi realizado em dois *terroirs* de produção de café, os quais estão localizados em diferentes extratos de altitude e englobam um número distinto de fazendas e se diferenciam quanto a doçura, sabor e equilíbrio do café. A influência do clima sobre os *terroirs* e sobre a qualidade do café foi avaliada em função da umidade relativa do ar (%), temperatura (°C), radiação solar ( $W.m^{-2}$ ) e número médio de horas de luz, os quais foram coletados com o auxílio de estações meteorológicas automáticas posicionadas em locais estratégicos e representativos em cada uma das lavouras estudadas. O solo dos *terroirs* foi caracterizado com base em seus atributos físicos texturais e quanto à sua formação e material de origem através de análises mineralógicas da fração argila. A qualidade do café foi avaliada por meio da análise de suas características físicas e pela análise sensorial, segundo as regras de competições nacionais e internacionais da Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America - SCAA). Os resultados das frações granulométricas foram submetidas à uma análise estatística descritiva, seguida de análise

geoestatística. Os mesmos foram submetidos também a um teste de separação para identificar a existência de diferenças significativas entre as frações nos diferentes *terroirs*. Avaliou-se a correlação existente entre os atributos de qualidade e as variáveis *terroir* naturais. Os dados também foram submetidos a uma análise de componentes principais de forma descrever a associação das variáveis *terroir* naturais. Os atributos físicos do solo não diferiram entre as lavouras estudadas não exercendo influência sobre a qualidade do café e sobre os *terroirs* de produção. O solo das fazendas apresenta a mesma formação com predominância de caulinita na fração argila e conseqüentemente apresentam o mesmo comportamento dentro dos diferentes *terroirs*. A qualidade do café é dependente do *terroir*, e este, por sua vez, da altitude, da posição da lavoura e das características microclimáticas.

**Palavras-chave:** Análise de componentes principais, *terroirs* naturais, análise sensorial

## **INFLUENCE OF CLIMATE, SOIL, TOPOGRAPHY AND VARIETY ON TERROIR AND QUALITY OF COFFEE**

### **ABSTRACT**

The study of *terroirs* is related to the understanding of a territory usually small, in which different local factors provide different qualities of products. The aim of this study was to evaluate the influence of climatic factors, soil and topography on *terroir* and also the quality of coffee produced in these and establish a scientific basis for a better understanding of how *terroir* influences the behavior of coffee. The study was conducted in two *terroirs* of coffee production, which are located at different altitude and include extracts from a discrete number of farms and differentiate as the sweetness, flavor and balance of coffee. The influence of climate on the *terroirs* and the quality of coffee was evaluated as a function of relative humidity (%), temperature (° C), solar radiation (Wm<sup>-2</sup>) and average number

of hours of light, which were collected with the aid of automatic weather stations positioned at strategic locations in each of representative fields studied. The soil of *terroirs* was characterized based on their physical attributes and the texture formation and its source material by mineralogical analyzes of clay. The coffee quality was evaluated by analyzing their physical and sensory analysis, according to the rules of national and international competitions of the Specialty Coffee Association of America - SCAA. The results of the fractions were subjected to a statistical analysis, followed by geostatistical analysis. They were also subjected to a separation test to identify significant differences between fractions in the different *terroirs*. We evaluated the correlation between quality attributes and variables natural *terroir*. Data were also subjected to a principal components analysis in order to describe the association between the natural *terroir*. The physical attributes of the soil did not differ between the crops studied were not influencing the quality of coffee *terroirs* and on production. The soil of the farms has the same training with a predominance of kaolinite in the clay fraction and thus exhibit the same behavior within the different *terroirs*. The coffee quality is dependent on the *terroir*, and this, in turn, altitude, position and characteristics of the crop microclimate.

**Key words:** Principal component analysis, natural *terroir* units, sensory analysis

## INTRODUÇÃO

*Terroir* tem sido reconhecido como um fator importante para a qualidade dos produtos cultivados, principalmente na cultura da videira em regiões europeias (van Leeuwen et al., 2004). O estudo dos *terroirs* está relacionado à compreensão de um território comumente pequeno, em que diferentes fatores locais conferem qualidades distintas aos produtos (Barham, 2003). Uma vez sob influência desses fatores, os produtos carregam consigo todas as características inerentes aos elementos que são próprios dessa área geográfica específica, promovendo a sua diferenciação (Bérard, 2005).



De forma direta, pode-se dizer que o *terroir* é o efeito combinado do solo, orientação do declive em relação ao sol, altitude, características do clima como chuva, velocidade do vento, horas acumuladas de sol, temperatura mínima, média e máxima, em um determinado local e que são capazes de atuar sobre a natureza e a qualidade dos produtos cultivados neste local (Deloire et al., 2005). Van Leeuwen e Seguin (2006) afirmam que esses fatores geralmente atuam de forma conjunta, entretanto, em diversas situações é possível identificar um ou poucos fatores que atuam de forma isolada e que são, conseqüentemente, responsáveis pela diferenciação dos *terroirs*.

Estudar os fatores que, dentro de um *terroir*, são decisivos para a expressão de um padrão diferenciável dos produtos é importante, principalmente, para o planejamento da produção, valorização dos produtos cultivados e para exploração das potencialidades de cada região (Kumsta et al., 2012). Entretanto, van Leeuwen et al. (2004) afirmam que é difícil estudar o efeito de todos os parâmetros de um *terroir* num único trabalho, devido à infinidade de fatores e associações que atuam sobre os sistemas agrícolas. Diante desses fatos, muitos autores têm avaliado o impacto de um único parâmetro sobre o *terroir* e sobre a qualidade dos produtos (van Leeuwen et al., 2004, Deloire et al., 2005, van Leeuwen e Seguin, 2006, Zsófi et al., 2011).

Para Carey et al. (2008), os *terroir* devem ser avaliados inicialmente com base em variáveis e atributos cuja variação temporal seja reduzida ou inexistente, como as características topográficas e de relevo e as propriedades físicas do solo, por exemplo, e também por meio daquelas que apresentam certa sazonalidade como as condições microclimáticas. Essas avaliações trazem informações sobre os efeitos dos chamados *terroir* naturais de produção e que são definidos por Vaudour (2003) como sendo a unidade *terroir* fixa, ou seja, aquela que realmente caracteriza uma determinada área e a difere das demais, uma vez que esta não sofre variação ao longos dos anos.

Na cultura do café, a noção de *terroir* tem sido pouco explorada e, conseqüentemente, as variáveis formadoras desses *terroirs* e seus efeitos sobre a qualidade física e sensorial dos produtos ainda não foram definidas.

Scholz (2008), avaliando a tipologia dos cafés paranaenses, discutiu a influência do *terroir* sobre a qualidade da bebida, entretanto o autor apenas se utilizou do termo sem a devida avaliação de efeito. Diversos autores, porém, tem mostrado que o café é altamente influenciado pela altitude e temperaturas médias anuais de seu local de produção (Guyot et al., 1996; Alpizar e Bertrand, 2004; Decazy et al., 2003; Laviola et al., 2007), entretanto nenhum destes tem procedido a abordagem considerando a amplitude do conceito de *terroir*.

Diante disso, com esse trabalho objetivou-se avaliar a influência dos fatores climáticos, do solo, da topografia e das variedades cultivadas no *terroir* e também na qualidade do café produzido nesses e compreender como o *terroir* influencia o comportamento do cafeeiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido na safra de 2010/2011 em quatro fazendas (Braúna, João Andrade Alta – JA\_A e João Andrade Baixa – JA\_B e Fazenda Serra do Boné) no município de Araponga – MG, na Mesorregião da Zona da Mata Mineira, atualmente denominada Serras de Minas. O município de Araponga está localizado a 20° 40' de latitude Sul e 42° 31' de longitude Oeste. Possui uma área de 303,68 km<sup>2</sup>. A altitude média do município é de cerca de 1300 m (variando de 600 m a 2000 m de altitude), sendo o clima do tipo tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 19° C, com variações entre 12° (média das mínimas) e 26° C (média das máximas) (IBGE, 2010).

### **Descrição das áreas de estudo**

O estudo foi realizado em dois *terroirs* de produção de café (definidos no capítulo anterior), os quais estão localizados em diferentes extratos de altitude e englobam um número distinto de fazendas (Tabela 1) e se diferenciam quanto a doçura, sabor e equilíbrio do café, conforme discutido no capítulo anterior.

**Tabela 1.** Caracterização dos *terroirs* de produção de café no município de Araponga – MG

Terroir	Fazendas	Altitude	
		Mínima	Máxima
1	Serra do Boné	1090	1270
2	Braúna, JA_B e JA_A	860	1090

A Fazenda Serra do Boné, pertencente ao primeiro *terroir*, possui uma área de 8,5 ha sendo ocupado por um estande aproximado de 42322 plantas, cultivadas em sistema adensado com o equivalente a 5000 plantas por hectare. O seu relevo é de forte ondulado a montanhoso, com grande diferença de nível entre o ponto mais baixo e o mais elevado. A mesma vem sendo cultivada há décadas com café, entretanto a lavoura atual possui idade de 6,5 anos dos quais os quatro anos iniciais foram conduzidos no sistema orgânico de cultivo. Atualmente a área passa por um processo de mudança para o sistema convencional, porém apenas com a utilização de fertilizantes minerais.

As demais fazendas, pertencentes ao segundo *terroir*, possui, em conjunto, uma área de 39 ha ocupada por um estande aproximado de 106891 plantas, equivalendo a 2800 plantas por hectare. Apesar do relevo ondulado a feição da paisagem destas é mais suave que o do primeiro em função da maior extensão territorial do mesmo. Esse *terroir* vem sendo cultivado, igualmente ao primeiro, há várias décadas com café e a lavoura atual com maior tempo de cultivo possui 13 anos enquanto a mais nova possui apenas 4 anos. O sistema de cultivo adotado nesse *terroir* é o sistema convencional com a utilização esporádica de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças.

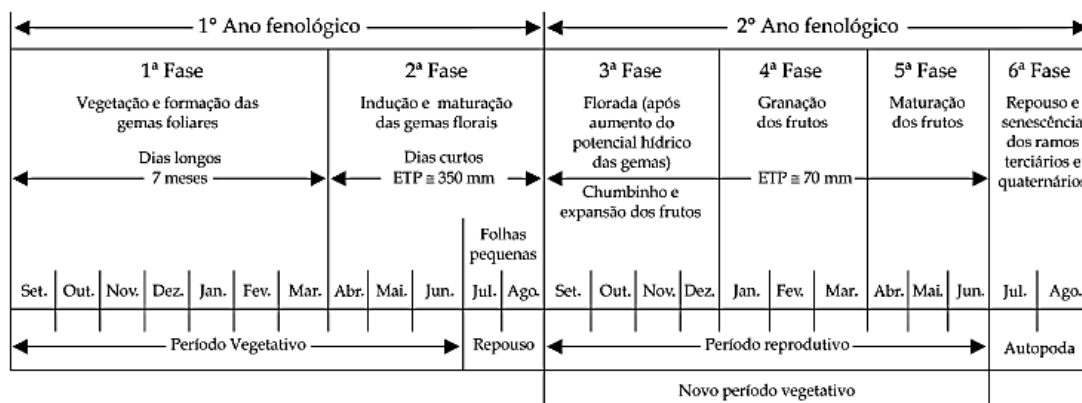
O solo de ambos os *terroirs* foi classificado, de acordo com Embrapa (2006), em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico com textura de argilosa a muito argilosa e horizonte A moderado.

As variedades cultivadas nos dois *terroirs* são basicamente as mesmas, com predominância para o catuaí e catucaí, ambos com frutos de coloração vermelha. Apenas o *terroir* da Serra do Boné possui variedades

com frutos de coloração amarela, sendo 9242 plantas da variedade catucaí amarelo e 9325 plantas da variedade bourbon amarelo.

### Variáveis amostradas em cada *terroir* e coleta de dados

Para avaliar a influência do clima sobre os *terroirs* e sobre a qualidade do café foram utilizadas estações meteorológicas automáticas de fabricação americana modelo MicroDaq Onset HOB0. Tais estações meteorológicas foram posicionadas em locais estratégicos e representativos de cada uma das lavouras estudadas e realizavam medições da umidade relativa do ar (%), temperatura (°C) e radiação solar ( $W.m^{-2}$ ) em intervalos de 1 minuto com registros horários. O período de registro das estações foi de 14 meses, o que compreende as duas últimas fases do ciclo reprodutivo do cafeeiro (4ª e 5ª fase), mais a fase de autopoda (6ª fase) e a primeira fase do período vegetativo (1ª fase), conforme ciclo apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil, de acordo com Camargo e Camargo (2001).

O solo dos *terroirs* foi caracterizado com base em seus atributos físicos texturais e quanto à sua formação e material de origem através de análises mineralógicas da fração argila.

Para o mapeamento da textura do solo foram coletadas, em cada uma das quatro fazendas, amostras de solo na camada de 0-0,20m em uma malha irregular com 150 pontos amostrais, sendo as coordenadas

geográficas de cada ponto amostral definidas com auxílio de um GPS topográfico.

A composição granulométrica foi determinada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação por 12 h, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). A fração argila (ARG) foi separada por sedimentação, de acordo com a lei de Stokes, sendo a fração silte (SIL) determinada por diferença. A fração areia, foi subdividida em areia grossa (AG) e areia fina (AF), sendo a separação realizada utilizando peneiras de malhas distintas. As análises foram realizadas no laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Para a determinação da mineralogia do solo, foram coletados aleatoriamente, na camada de 0-0,20m, em cada talhão de cada lavoura envolvida no estudo, 15 sub-amostras de solo as quais foram homogeneizadas para compôr uma amostra composta representativa do talhão. Considerando as quatro fazendas, foram gerados 26 amostras compostas de solo, as quais foram analisadas no laboratório de Mineralogia do Solo, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

A determinação da mineralogia foi realizada apenas na fração argila e com o intuito de caracterização dos solos das fazendas e conseqüentemente dos *terroirs*. Na fração foram feitos ataques químicos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (CBD) para eliminação dos óxidos de ferro livre, após eliminação da matéria orgânica com água oxigenada. Tomou-se uma alíquota para saturação com potássio e posterior aquecimento a 350° e 550°C, assim como outra alíquota para saturação com magnésio e posterior solvatação com etileno-glicol. Estas amostras foram passadas em lâminas de vidro com a técnica de orientação preferencial quando ainda estavam sob a forma de pasta, sendo que depois de secas foram irradiadas com raios X num difratômetro Philips usando-se tubo de cobre (Jackson, 1969). Após essa análise foram construídos e interpretados os difratogramas de raios X para cada fazenda a fim de se determinar o tipo de mineral predominando.

Para determinação da qualidade da bebida do café, em cada talhão de cada fazenda, no momento da colheita foram amostradas cerca de 30 plantas por hectare, escolhidas aleatoriamente. Em cada planta, foram

colhidos manualmente os frutos cereja de quatro ramos, um par em cada lado da planta, voltados para as entrelinhas. A escolha desses ramos foi aleatória, de forma que esses frutos sejam representativos da planta e da parcela. Os frutos coletados foram posteriormente agrupados, formando uma amostra composta por talhão.

As amostras de frutos foram descascadas, e em seguida secas artificialmente com temperatura do ar de secagem de 40° C, até atingirem o teor de água aproximada de 12% b.u, utilizando um secador de amostras de leito fixo em bandejas, com queimador a gás. As amostras secas foram beneficiadas utilizando-se um descascador de amostra portátil sendo em seguida acondicionadas em embalagens plásticas e armazenadas por um prazo aproximado de dois meses até a realização do teste de qualidade física e sensorial.

### **Avaliação da qualidade dos cafés produzidos no município de Araponga-MG**

A qualidade do café foi avaliada por meio da análise de suas características físicas e pela análise sensorial, denominada popularmente como teste de bebida.

As amostras foram classificadas, anteriormente à análise sensorial de qualidade, quanto ao tamanho do grão (peneira) e número de defeitos.

A qualidade sensorial do café foi avaliada pela “prova de xícara” por meio das características de doçura, sabor, acidez, corpo, equilíbrio e qualidade global. As análises foram realizadas segundo as regras de competições nacionais e internacionais da Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America - SCAA) e de acordo com formulário de avaliação sensorial de café da própria associação.

O teste sensorial (prova de xícara) foi realizado por três provadores, efetuando-se apenas uma determinação por degustador por amostra. Cada amostra foi composta de cinco xícaras a serem analisadas quanto às características sensoriais discutidas acima.

A análise deste conjunto de critérios de qualidade determinou o valor da nota final global de cada amostra, sendo calculadas as médias de valores

dos critérios de qualidade, obtendo-se uma nota única de qualidade por amostra.

## **Análise estatística dos dados**

### Análise Estatística Descritiva

Os resultados obtidos na análise textural para cada uma das fazendas foi submetido a análises estatísticas descritivas para determinar suas medidas de posição (média e mediana), medidas de dispersão (valores máximos, mínimos, desvio-padrão, variância e coeficiente de variação) e forma da dispersão (coeficientes de assimetria e curtose). Para a verificação dos dados candidatos a valores discrepantes (*outliers*) foram analisados os quartis superiores e inferiores e testada a normalidade dos dados pelo teste Shapiro-Wilk's a 5% de probabilidade (W).

### Análise Geoestatística dos Dados e Construção dos Mapas Temáticos

Os dados de textura do solo foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência e, neste caso, quantificar o grau de dependência espacial, a partir do ajuste de funções teóricas aos modelos de variogramas experimentais, com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca, conforme equação 1:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

em que,

$N(h)$  = é o número de pares experimentais de observações  $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i+h)$ , separados por um vetor  $h$ .

No ajuste dos modelos teóricos aos variogramas experimentais, determinou-se os coeficientes efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ), variância estrutural ( $C_1$ ) e alcance ( $a$ ). Os modelos testados para ajuste foram o esférico, exponencial, gaussiano e linear. A escolha dos modelos foi feita com base no critério dos mínimos quadrados, optando-se na seleção dos modelos com maior valor de  $R^2$  (coeficiente de determinação), menor SQR

(soma de quadrado dos resíduos) e maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada (Guimarães, 2000).

Para análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizado a relação  $C_1/(C_0 + C_1)$  e os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera a dependência espacial fraca ( $IDE < 25\%$ ); moderada ( $25\% \leq IDE < 75\%$ ) e forte ( $IDE \geq 75\%$ ).

Comprovada a dependência espacial, estimou-se, em locais não amostrados, valores de textura do solo, tendo sido confeccionados mapas de distribuição espacial, utilizando-se a krigagem ordinária. Nesse interpolador geoestatístico utiliza-se um estimador linear não-viciado com mínima variância e leva em consideração a estrutura de variabilidade espacial encontrada para o atributo.

As análises geoestatísticas, bem como as interpolações, foram realizadas no software GS+ for Windows, versão 7.0 e os mapas confeccionados utilizando-se o software Surfer, versão 10.0.

#### Teste de Separação

Os resultados obtidos a partir das análises texturais do solo foram ainda submetidos a um teste de separação para identificar diferenças significativas entre os valores médios de cada fazenda. Utilizou-se para tal o teste t para amostras independentes, ao nível de 5% de probabilidade, considerando como hipótese nula a ausência de diferença significativa entre as médias de tratamentos.

O teste foi escolhido uma vez que, partiu-se do pressuposto de desconhecimento da variância amostral. No arranjo experimental as fazendas configuraram os tratamentos e os talhões de cada fazenda as repetições.

#### Análise da Correlação Linear de Pearson

A análise de correlação de Pearson foi utilizada para testar as hipóteses desse trabalho, sendo realizada por meio do software Statistica 7.0. Avaliou-se a correlação existente entre os atributos de qualidade (qualidade global, peneira, doçura, sabor, acidez, corpo e equilíbrio) e as



variáveis *terroir* naturais (posição geoespacial – x e y, e altitude dos pontos amostrais, teores de areia grossa e fina, silte e argila).

Essa análise foi realizada para avaliar a hipótese da existência de correlação entre as variáveis que compõem os *terroirs* naturais de produção e a qualidade do café produzido nos mesmos e avaliar a influência de tais variáveis sobre essas características. Considerou-se o valor médio de cada variável *terroir* natural para cada talhão, assim como a altitude e coordenadas médias dos talhões.

### Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais (ACP) visou gerar uma nova variável (componente) que descrevesse a associação das variáveis *terroir* naturais. A ACP foi realizada com base na matriz de correlação existente entre as componentes e os dados reais, de forma a identificar novas variáveis que explicam a maior parte da variabilidade.

Em uma matriz original de dados, cada sítio tem um valor para cada atributo. Na ACP, cada sítio tem um valor para cada componente. Esses componentes podem ser vistos como “supervariáveis”, construídas pela combinação da correlação entre as variáveis, e são extraídos em ordem decrescente de importância, em termos de sua contribuição para a variação total dos dados. Os coeficientes de cada autovetor representam o peso de cada variável em cada componente e funcionam como coeficientes de correlação, que variam de  $-1$  até  $+1$ . As variáveis com elevado coeficiente para o primeiro componente tendem a ter coeficiente inferior nos demais. Os autovalores são valores que representam a contribuição relativa de cada componente para explicar a variação total dos dados, existindo um para cada componente.

Matematicamente, o processo de extrair mais eixos pode ir até o número de eixos ou componentes igualar-se ao número de variáveis; contudo, os eixos posteriores vão contribuir cada vez menos para explicar a variabilidade dos dados. Na maioria dos estudos, usam-se apenas os dois primeiros componentes, considerados suficientes para explicar os dados e pela facilidade de interpretação de um gráfico bidimensional.

Na seleção do número de componentes principais, utilizou-se os componentes associados a autovalores superiores a 1 (Mingoti, 2007). No caso da correlação dos componentes com os atributos químicos do solo, consideraram-se significativos os valores superiores a  $\pm 0,7$ , conforme sugerido por Zwick e Velicer (1986) e utilizado por Silva e Lima (2012).

Após a seleção do número e das componentes principais, foi realizada uma análise de correlação entre os atributos de qualidade e a(s) componente(s) para avaliar quais variáveis *terroir* natural representam a variabilidade da qualidade e conseqüentemente são mais decisivas para a expressão de tal qualidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise exploratória, constatou-se a presença de dados discrepantes (*outliers*), na distribuição de todas as frações granulométricas bem como sua influência sobre as medidas de posição e dispersão, levando à sua retirada. Hoaglin et al. (1983) afirmam que esses valores discrepantes, na maioria dos casos, alteram os valores de medidas sensíveis a estas observações, como a média, amplitude, o desvio-padrão e a assimetria da distribuição dos dados. Libardi et al. (1996) afirmam que o procedimento de retirada dos “*outliers*” favorece a obtenção de um resumo estatístico mais confiável, capaz de melhor representar a variabilidade dos dados, principalmente no que diz respeito às medidas de tendência central.

Os resultados da análise estatística descritiva das frações granulométricas do solo para as fazendas envolvidas no estudo são apresentados na Tabela 2. As medidas de tendência central (média e mediana) estão próximas para todas as frações em todas as fazendas estudadas. Tal fato indica simetria na distribuição dos dados, o que é confirmado por valores de coeficiente de assimetria próximos de zero. Com base no coeficiente de curtose, que mostra a dispersão da distribuição em relação a curva normal, as frações apresentaram distribuição platicúrtica, porém com achatamento suave em relação à curva de distribuição normal, uma vez que esses valores encontram-se próximos de zero.

**Tabela 2.** Estatística descritiva das frações granulométricas areia grossa, areia fina, silte e argila para as quatro fazendas envolvidas no estudo

Frações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV	Cs	Ck	w
Braúna								
AG	80,18	74,12	36,48	151,26	32,36	0,84	-0,55	*
AF	161,34	156,82	82,15	264,32	24,56	0,35	-0,53	ns
SIL	194,75	192,31	0,00	414,51	44,64	0,45	-0,55	ns
ARG	553,20	569,36	362,69	748,13	16,07	-0,17	-0,53	ns
JA_B								
AG	85,11	80,75	15,85	151,62	34,31	0,25	-0,52	ns
AF	134,16	134,25	19,47	198,92	29,10	-0,42	-0,24	ns
SIL	183,02	177,83	0,00	396,83	47,52	0,15	-0,43	ns
ARG	591,11	598,80	344,83	780,31	16,54	-0,18	-0,41	ns
JA_A								
AG	144,68	142,73	52,69	280,80	38,71	0,44	-0,62	*
AF	199,20	192,27	91,69	321,95	28,05	0,16	-0,50	ns
SIL	105,35	99,01	0,00	244,50	48,49	0,60	-0,20	*
ARG	524,12	518,23	368,81	711,89	14,71	0,19	-0,57	ns
Serra do Boné								
AG	119,90	118,74	62,56	183,61	20,79	0,03	-0,31	ns
AF	146,31	143,20	71,14	211,21	19,34	0,04	-0,02	ns
SIL	228,62	236,13	27,55	389,32	34,10	-0,34	-0,11	ns
ARG	491,38	491,16	360,58	603,86	11,37	-0,08	-0,30	ns

AG, AF, SIL e ARG em  $\text{g kg}^{-1}$ ; CV % - coeficiente de variação; Cs – coeficiente de simetria; Ck – coeficiente de curtose; ns - distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk's a 5 % de probabilidade; \* - distribuição não-normal pelo teste Shapiro-Wilk's a 5 % de probabilidade.

Analisando o resultado do teste de Shapiro-Wilk's ( $p < 0,05$ ) observa-se que as frações AG na fazenda Braúna e as frações AG e SIL na fazenda JA\_A apresentaram afastamento da normalidade. Esse fato seria um empecilho para a realização de algumas análises que apresentam como fator restritivo a exigência de normalidade dos dados. Cressie (1991) afirma que, a normalidade não é uma exigência da geoestatística, entretanto é conveniente que a distribuição não apresente extremidades muito alongadas, o que poderia comprometer as análises. No caso em questão, apesar da ausência de normalidade para as referidas frações as mesmas

não apresentaram caldas alongadas, justificada em seus valores de assimetria.

O coeficiente de variação (CV), segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), apresentou-se dentro do intervalo de 12 a 60 % de variação para todas as frações em todas as fazendas, sendo classificados como de média variação. As maiores variações foram observadas para o SIL, o que, segundo Silva et al. (2007) dentre outros fatores, se deve principalmente a seu método de determinação por diferença, devido ao risco de erros de análise que se embutem nessa fração e consequentemente pela incorporação à essa fração, de parte da variabilidade existente nos atributos areia e argila.

Com base nos valores médios de proporção de AG + AF, SIL e ARG e baseado no modelo de identificação de classes texturais de amostras de solo (triângulo textural) apresentada por Embrapa (2006), não existe diferença entre a textura do solo das quatro fazendas, uma vez que é possível classificar o perfil do solo como de textura argilosa para todas elas.

As frações granulométricas AG e ARG apresentaram dependência espacial em todas as fazendas enquanto que as frações AF e SIL só apresentaram dependência espacial na fazenda JA\_A, conforme resultados dos variogramas apresentados na Tabela 3. Esses resultados corroboram com os encontrados por Kitamura et al. (2007), Silva et al. (2010) e Silva et al. (2011), constando que, de forma geral, com exceção do SIL, as frações granulométricas não variam aleatoriamente, mas seguem padrões espaciais bem definidos, geralmente influenciadas pela declividade do terreno.

Às frações granulométricas ajustaram-se os modelos exponencial, esférico e gaussiano. O modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, ajustado a 60% das frações que apresentaram dependência. Em segundo lugar vem o modelo esférico que se ajustou a 30%, enquanto que o modelo gaussiano se ajustou a 10% das frações. Os valores do coeficiente de determinação dos modelos variaram de 70 a 96,9% com predominância para valores acima de 90%.

Os maiores alcances foram observados para a AG e ARG, com destaque para a fazenda do Serra do Boné onde o alcance da AG foi 280 m e da ARG foi de 140 m. A maior variabilidade foi observada para o SIL na

fazenda JA\_A, corroborando os resultados obtidos na análise descritiva do CV%, onde esse foi maior para tal fração.

**Tabela 3.** Modelos e parâmetros dos variogramas médios ajustados às frações granulométricas para as fazendas em estudo.

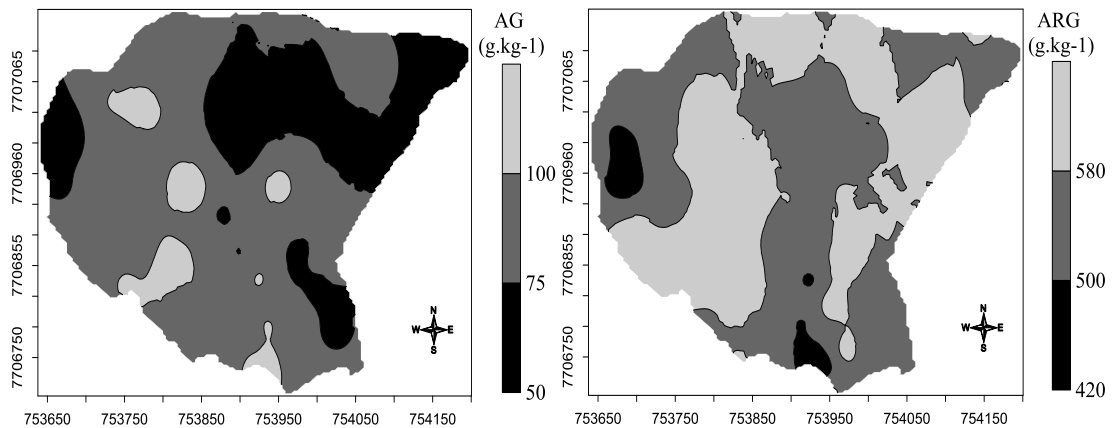
Fração	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	a	IDE	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (VC)	p-valor
Braúna								
AG	Exponencial	206,00	756,40	78,30	73,00	78,00	28,31	0,00000
AF	EPP	-	-	-	-	-	-	-
SIL	EPP	-	-	-	-	-	-	-
ARG	Exponencial	3200,00	11050,0 <sub>0</sub>	61,00	72,00	85,00	30,11	0,00000
JA_B								
AG	Exponencial	237,00	2885,00	40,20	91,80	70,00	26,20	0,00000
AF	EPP	-	-	-	-	-	-	-
SIL	EPP	-	-	-	-	-	-	-
ARG	Exponencial	460,00	11180,0 <sub>0</sub>	60,00	95,90	90,40	24,10	0,00000
JA_A								
AG	Esférico	1617,00	3495,00	147,00	54,00	90,00	24,50	0,00000
AF	Exponencial	696,88	3227,00	44,00	78,00	94,00	25,50	0,00000
SIL	Esférico	79,55	2331,00	29,60	96,60	92,40	25,10	0,00000
ARG	Esférico	720,00	7301,00	118,10	90,10	96,90	50,10	0,00000
Serra do Boné								
AG	Gaussiano	370,00	880,00	280,00	60,00	84,00	27,80	0,00000
AF	EPP	-	-	-	-	-	-	-
SIL	EPP	-	-	-	-	-	-	-
ARG	Exponencial	1078,00	2357,00	140,00	55,00	73,00	24,40	0,00010

EPP – efeito pepita puro; C<sub>0</sub> - efeito pepita; C<sub>0</sub>+C - patamar; IDE - índice de dependência espacial (C/C<sub>0</sub> + C); a - alcance; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação do modelo do variograma; R<sup>2</sup>(VC) - coeficiente de determinação da validação cruzada.

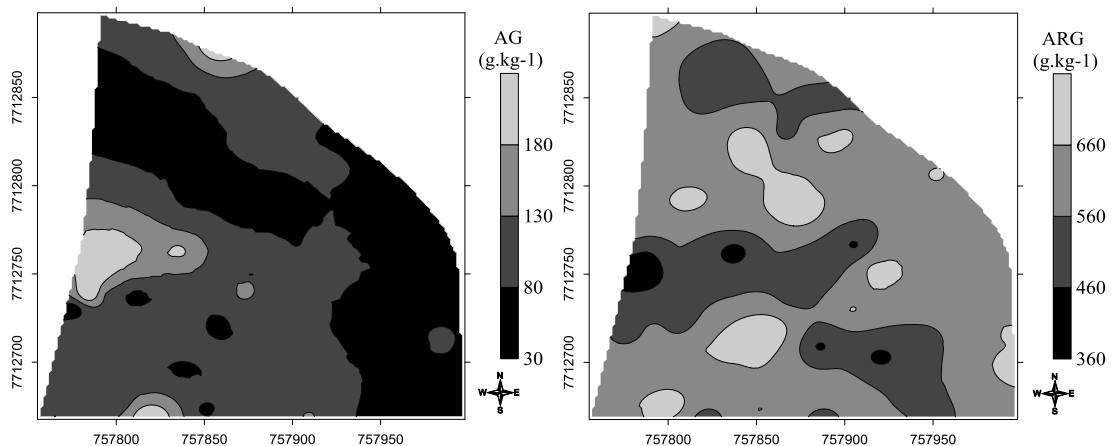
O IDE, segundo classificação proposta por Zimback (2001), foi elevado para as frações granulométricas AG e ARG na fazenda JA\_B e SIL e ARG na fazenda JA\_A. As demais frações que apresentaram IDE moderado com intervalo variando de 55 a 73 %. Araújo (2002) encontrou dependência baixa para essas mesmas frações, Gonçalves e Folegatti (2002) encontraram variabilidade média enquanto Silva et al. (2010) encontraram elevada variabilidade.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 encontram-se os mapas temáticos da distribuição espacial das frações granulométricas que apresentaram

dependência espacial para cada uma das fazendas envolvidas nesse estudo.

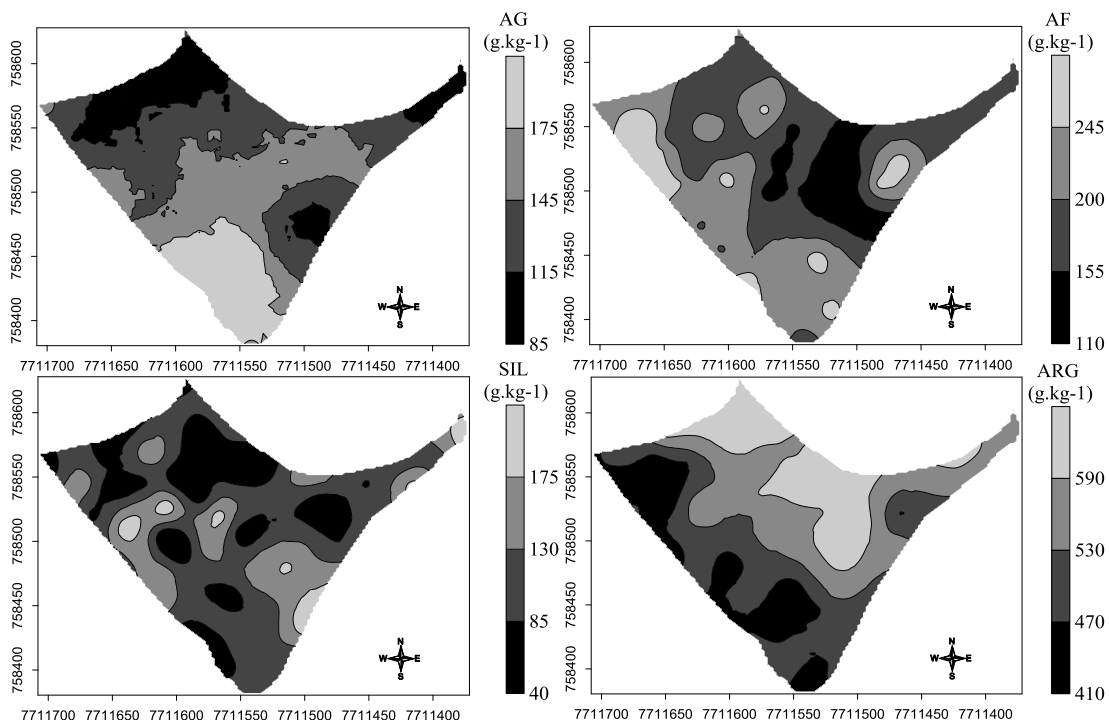


**Figura 2.** Mapas da distribuição espacial das frações granulométricas AG e ARG na fazenda Braúna.



**Figura 3.** Mapas da distribuição espacial das frações granulométricas AG e ARG na fazenda JA\_B.

Na fazenda há a formação de uma faixa contínua com elevadas concentrações de argila que circunda a lavoura quase de uma extremidade a outra. Essa formação pode ser função da pedofórmula convexa da lavoura e sua conformação em formato de uma “meia laranja”, o que favorece a divergência de águas e conseqüentemente a deposição dos materiais carregados pela água das chuvas através da erosão laminar.

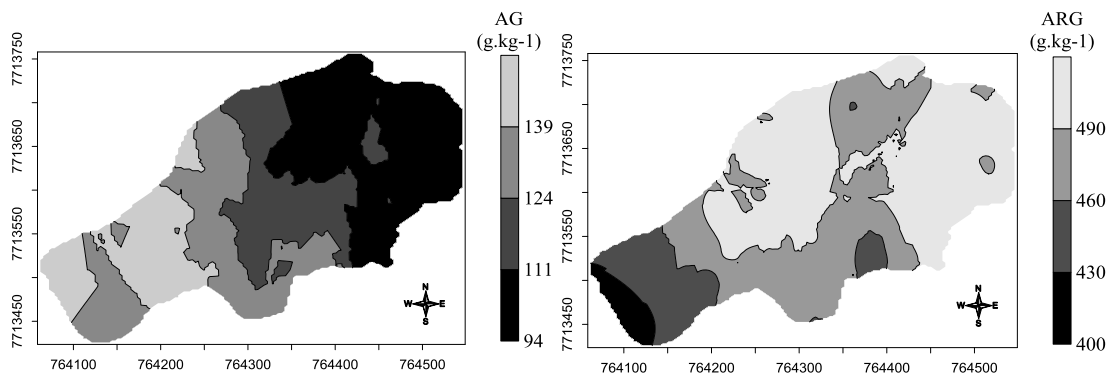


**Figura 4.** Mapas da distribuição espacial das frações granulométricas AG, AF, SIL e ARG na fazenda JA\_A.

Na fazenda JA\_A, por se tratar de uma área de pedoforma plana, a influência da declividade é mais perceptível na distribuição das frações granulométricas. Nesse tipo de área, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), o escoamento acontece de forma equilibrada, respeitando o sentido único do declive. Para esses autores, o efeito do escoamento superficial apesar de ser evidenciado em quase todas as regiões declivosas nem sempre é motivo de preocupação do ponto de vista agroambiental, pois os danos são dependentes das condições de cada área. Silva et al. (2007) relatam que, como a fração argila está diretamente relacionada às propriedades de coesão, estabilidade dos agregados e permeabilidade dos solos, aqueles que apresentam elevados teores de argila tendem a ser mais coesos e mais estáveis estruturalmente, reduzindo a erodibilidade devido à baixa instabilidade dos agregados.

No caso do silte para a fazenda JA\_A, a sua distribuição espacial reforça o discutido anteriormente para essa fração. A formação de pequenas “bolhas” dentro de áreas maiores no mapa demonstra a sua maior variabilidade e a dificuldade de se retirar conclusões acerca do mesmo. Além disso, o silte é uma fração de pouca relevância para o estudo da física

do solo (Corrêa et al., 2003), uma vez que, apesar de ser um pó como a argila, não tem coesão apreciável, não apresenta plasticidade relevante quando molhado e é desprovido de carga.



**Figura 5.** Mapas da distribuição espacial das frações granulométricas AG e ARG na fazenda Serra do Boné.

Observa-se que, em todas as fazendas, o comportamento inverso e característico das frações argila e areia fica evidenciado, principalmente em função da declividade, uma vez que há uma tendência na concentração de argila nas porções superiores das áreas e de areia nas porções inferiores. Esse comportamento geralmente é provocado pelo escoamento superficial que atua em regiões com relevo acidentado, contribuindo para o carreamento de partículas sólidas no sentido do declive.

Analisando os mapas das fazendas de forma comparativa, não se observa entre essas, e conseqüentemente entre os dois *terroirs*, relevante variação de valores e amplitude para as frações AG e ARG. Esse fato fica evidente quando se observa os resultados para o teste de separação apresentados na Tabela 4, os quais mostram que não existe, com exceção da AG, diferença significativa entre as fazendas no que diz respeito às frações granulométricas.



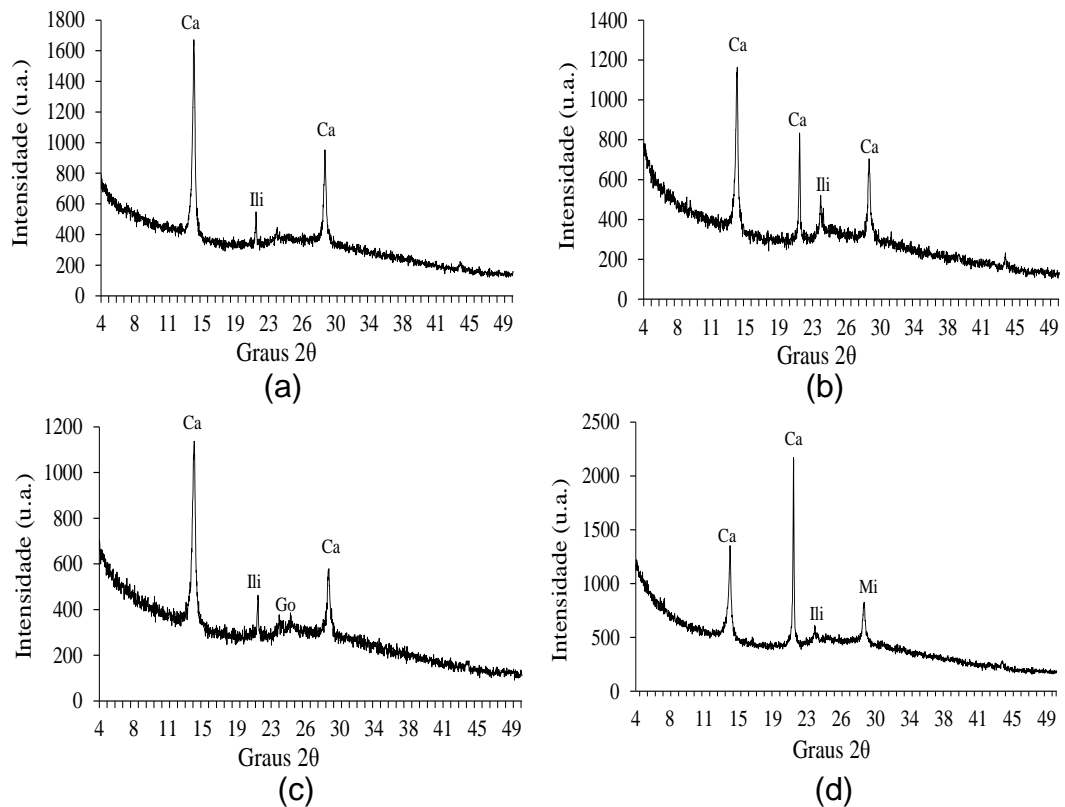
**Tabela 4.** Diferença entre médias das variáveis de qualidade para as fazendas envolvidas no estudo e para os dois *terroirs* de produção de café do Município de Araponga-MG

Fazendas	Frações Granulométricas			
	AG	AF	Sil	ARG
Braúna	80,18c	161,34a	194,75a	553,20a
JA_B	85,11c	134,16a	183,02a	591,11a
JA_A	144,68a	199,20a	105,35a	524,12a
Serra do Boné	119,90b	146,31a	228,62a	491,38a
<i>Terroir 1</i>	103,32a	164,90a	161,04a	562,14a
<i>Terroir 2</i>	119,90a	146,31a	228,62a	491,38a

AG – areia grossa; AF – areia fina; Sil – silte; ARG – argila; As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Quando o teste de separação foi realizado apenas entre os dois *terroirs*, não se observou diferença significativa para nenhuma das frações granulométricas. Diante disso, pode-se afirmar que, apesar de importante para a produção das culturas (Souza Neto et al., 2008), as frações granulométricas não apresentaram, isoladamente, influência sobre os *terroirs* do município de Araponga – MG, tendo comportamento semelhante em todas as fazendas e unidades.

A mineralogia do solo, analisada pelos difratogramas de raios X da fração argila (Figura 6) mostraram predominância de minerais do grupo da caulinita em todas as fazendas. A caulinita é um dos minerais mais comumente encontrados da fração argila de solos tropicais (Norton et al., 2006; Ghidin et al., 2006) principalmente naqueles originados de rochas magmáticas (Darunsontaya et al., 2012). Em solos brasileiros esse é o mineral predominante (Melo et al., 2001; Melo e Wypych, 2009).



**Figura 6.** Difratogramas de raios X da fração argila para as fazendas: (a) Braúna; (b) JA\_B; (c) JA\_A, e; (d) Serra do Boné.

Do ponto de vista físico, solos caulinítico apresentam maior capacidade de adesão e coesão das partículas, devido à possibilidade de ajuste face a face deste argilomineral (Lado e Ben-Hur, 2004; Wei et al., 2012). No aspecto químico, como esse mineral possui carga variável, na faixa natural de pH do solo (4 a 7,5) apresenta predomínio de cargas negativas (Oliveira Junior et al., 2011).

O solo da fazenda do Serra Boné apresentou leves traços de mica na sua constituição, o que pode ser explicado pela maior proximidade da rocha matriz uma vez que se trata de uma região rochosa e a lavoura está localizada bem próxima a esta. Melo et al. (2002) afirmam que as micas contribuem para a maior plasticidade e pegajosidade das argilas porém são menos expansivas. Do ponto de vista químico, os autores afirmam que esse argilomineral só é capaz de trocar cátions com a solução do solo quando ocorre a sua decomposição, sendo as ligações mais fortes que em outros minerais como a montmorilonita, por exemplo.

Apesar da sua presença no solo da fazenda Serra do Boné, os traços de mica encontrados não são proporcionalmente significativos em relação à caulinita, sendo baixa a sua influência sobre as características das argilas e conseqüentemente sobre as plantas cultivadas nessa área. Melo et al. (2003) afirmam que em solos altamente intemperizados de regiões tropicais não é comum a presença de grandes concentrações de minerais primários, como a mica, e quando esses estão presentes sua influência sobre a qualidade das argilas é insignificante.

Apesar da ausência de diferenças significativas entre as frações granulométricas e entre a mineralogia do solo para as fazendas envolvidas no estudo e conseqüentemente entre os *terroirs* de produção de café, procedeu-se uma análise de correlação linear de Pearson para buscar alguma relação entre essas variáveis mais as características topográficas das áreas com as variáveis que mensuram a qualidade do café. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Correlação linear de Pearson entre as coordenadas geográficas, altitude e frações granulométricas do solo e os atributos da qualidade do café

Variáveis	Variáveis de Qualidade						
	Peneira	Qualidade	Doçura	Sabor	Acidez	Corpo	Equilíbrio
X	-0,22	0,44*	0,53*	0,34	-0,14	-0,02	0,45*
Y	-0,16	0,32	0,45*	0,25	-0,23	-0,02	0,33
Altitude	-0,09	0,39	0,47*	0,28	-0,20	0,05	0,44*
AG	0,24	0,09	0,17	-0,11	0,12	-0,12	0,17
AF	0,36	0,03	-0,18	-0,16	0,43	-0,07	0,18
SIL	-0,73*	0,13	0,18	0,20	-0,14	0,05	0,08
ARG	-0,05	-0,21	-0,09	-0,08	-0,25	0,09	-0,32

\* Correlação linear de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade

Observando os resultados da Tabela 5 é possível perceber que não existe, de fato, uma relação isolada e direta entre os atributos de solo e os atributos de qualidade, com exceção do SIL que apresentou correlação inversa e significativa com o tamanho dos frutos (caracterizado pela peneira). Essa correlação, no entanto não é justificável e tão pouco

explicável, uma vez que essa fração granulométrica é desprovida de carga sendo considerado um material inerte no solo. Além disso, ela é ainda, a fração mais susceptível a erro de determinação uma vez que ela não foi medida diretamente e sim determinada por diferença.

As coordenadas geográficas (X e Y) e a altitude foram as variáveis que mais se correlacionaram com os atributos da qualidade, principalmente com a doçura e equilíbrio da bebida. Estes resultados evidenciam uma relação individual dessas variáveis com tais atributos de qualidade.

Conforme Van Leeuwen e Seguin (2006), que afirmam que os fatores que compõem um *terroir* geralmente atuam de forma conjunta sobre a variação existente entre unidades, procedeu-se uma análise de componentes principais (Tabelas 6 e 7) para estudar a possível integração das variáveis topográficas, de posição e os atributos de solo sobre a qualidade do café e conseqüentemente sobre os *terroirs*.

Na análise de componentes principais, foram extraídos três componentes, que, de forma acumulada, explicam aproximadamente 91,54 % da variabilidade total dos dados (Tabela 6) e que, de acordo com o critério de seleção utilizado nesse trabalho, apresentam autovalor igual ou superior a um. As demais componentes além de apresentarem baixa contribuição individual para a explicação da variabilidade dos dados possuem autovalor inferior a um e, portanto, não foram considerados nas análises subsequentes.

**Tabela 6.** Resumo dos componentes principais da análise multivariada

Componente	Autovalor		Variância	
	Individual	Acumulado	Individual	Acumulada
1	3,474380	3,474380	49,63400	49,6340
2	1,778189	5,252569	25,40270	75,0367
3	1,155170	6,407739	16,50243	91,5391
4	0,402741	6,810479	5,75344	97,2926
5	0,144265	6,954744	2,06092	99,3535
6	0,029164	6,983908	0,41663	99,7701
7	0,016092	7,000000	0,22989	100,0000

Na Tabela 7 são apresentados os pesos atribuídos para as variáveis que caracterizam os *terroirs* para cada componente principal gerada. A primeira componente apresenta pesos elevados e significativos (superiores a

$\pm 0,7$ ), de acordo com o critério apresentado por Zwick e Velicer (1986) e adotado neste trabalho, para as coordenadas X, Y e para a Altitude dos pontos amostrais com valores variando de -0,86 a -0,96. A segunda componente apresenta peso significativo apenas para a AF (-0,9186) enquanto que a terceira apenas para a ARG (-0,7091). Dessa forma, pode-se dizer que a primeira componente principal representa a informação conjunta dos fatores relacionados à posição geográfica e a topografia do terreno, enquanto que a segunda componente representa a informação isolada da AF e a terceira da ARG.

**Tabela 7.** Pesos atribuídos às variáveis que caracterizam os *terroirs*, na composição das CP

Variáveis	Componentes		
	CP1	CP2	CP3
X	-0,9450*	0,2619	-0,0480
Y	-0,8616*	0,2747	-0,3768
Altitude	-0,9581*	0,0467	-0,1336
AG	-0,6017	-0,4503	-0,1413
AF	-0,1738	-0,9186*	0,1549
SIL	-0,2295	0,6777	0,6680
ARG	0,5881	0,3551	-0,7091*

Os pesos obtidos para cada uma das três componentes principais foram correlacionados com os atributos da qualidade, através da análise de correlação linear de Pearson, e os resultados são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Análise de correlação entre as componentes principais e os atributos de qualidade

Variáveis	Componentes		
	1	2	3
Qualidade	-0,47*	0,09	0,03
Peneira	0,08	-0,35	-0,26
Doçura	-0,74*	0,26	-0,11
Sabor	-0,23	0,26	0,03
Acidez	0,07	-0,42	0,22
Corpo	0,04	0,10	-0,02
Equilíbrio	-0,43*	-0,04	0,07

\* Correlação linear de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade

A segunda e a terceira componente não se correlacionaram com nenhum dos atributos de qualidade, confirmando o discutido anteriormente de que não se observou influência das frações granulométricas sobre a qualidade do café e sobre os *terroirs* de produção. Em contrapartida, a primeira componente principal apresentou correlação significativa com a qualidade global do café e com a doçura e o equilíbrio da bebida. Isso indica que a qualidade, expressada pela sua nota global, é influenciada pela localização e altitude da lavoura, assim como os *terroirs*, uma vez que esses se diferenciaram principalmente em função da doçura e equilíbrio da bebida, conforme discutido no capítulo anterior.

Diversos autores tem comentado o efeito positivo da altitude sobre a qualidade global do café (Guyot et al., 1996; Alpizar e Bertrand, 2004; Decazy et al., 2003; Laviola et al., 2007; Barbosa et al., 2012), entretanto os resultados obtidos neste trabalho mostram que a ação conjunta desta e da posição da lavoura influenciam não somente a qualidade global, mas também os atributos que diferenciam os padrões de bebida, sendo conseqüentemente fundamentais para a definição de *terroirs* de produção. Avelino et al. (2005) afirmam que a qualidade do café é dependente do *terroir*, e este, por sua vez, da altitude e da posição da lavoura.

Zsófi et al. (2011), em estudo com videira, afirmaram que, dentre os inúmeros fatores que determinam a qualidade das uvas, a altitude e a posição da parreira são as que mais influenciam os *terroirs*. Carey et al. (2008) afirma que isso ocorre pois estas variáveis apresentam uma maior continuidade quando comparadas a outras de maior variabilidade, o que resulta em uma influencia mais homogênea ao longo da paisagem.

Além dessas variáveis, o mesoclima também é um fator potencial para introduzir nuances nas características sensoriais dos cafés dentro do *terroir* (Avelino et al., 2005). Para tal, os valores de temperatura (Tabela 9), umidade relativa do ar (Tabela 10), radiação solar (Tabela 11) e horas de luminosidade natural (Tabela 12) foram analisados em função da fenologia do café (apresentadas na Figura 1), de forma a se estudar o seu efeito em cada uma das fases abrangidas pelo estudo.

As fazendas que compõem o primeiro *terroir* (Braúna, JA\_B e JA\_A) apresentaram valores médios de temperatura bem próximos em todas as

fases fenológicas abrangidas pelo estudo. Quando comparadas ao segundo *terroir* (fazenda Serra do Boné), os seus valores médios foram sensivelmente superiores, uma vez que este apresentou temperatura média inferior a 20° C em todas as fases estudadas e a diferença em relação às demais fazendas ficou em torno de 2° C.

**Tabela 9.** Estatística descritiva das temperaturas (° C) para as quatro fases fenológicas abrangidas pelo estudo em cada uma das lavouras

Fazenda	Medida	Fases Fenológicas do Cafeeiro			
		4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Braúna	Média	22,10	18,53	19,1	19,62
	Mínima	16,00	9,03	9,82	10,6
	Máxima	32,34	28,7	27,76	31,52
JA_B	Média	22,01	19,52	18,51	19,26
	Mínima	16,76	6,87	10,99	17,43
	Máxima	29,9	26,53	30,31	32,34
JA_A	Média	21,05	18,08	20,04	19,12
	Mínima	14,47	9,42	14,83	9,82
	Máxima	30,31	27,91	28,22	29,63
Serra do Boné	Média	19,46	16,31	17,23	17,69
	Mínima	8,74	3,31	8,51	9,24
	Máxima	25,56	24,33	25,35	27,69

No que tange aos valores máximos e mínimos de temperatura, o *terroir* da Serra do Boné apresentou o menor valor de temperatura, o qual foi observado na 5<sup>a</sup> fase fenológica que corresponde à fase de maturação dos frutos. Nessa fase e fazenda foi observada também a maior amplitude térmica entre dia e noite (21,02° C). Esta grande diferença de temperatura entre dia e noite é ideal para a lenta maturação do café, o que tende a gerar produtos de qualidade superior e em geral mais adocicados, uma vez que o maior acúmulo e distribuição de açúcares é favorecido pela redução na velocidade de maturação (Camargo, 2007).

No outro *terroir*, a maior amplitude foi observada na fazenda Braúna (20,92° C – fase 1) e a menor na fazenda JA\_A (13,39° C – fase 6). Apesar da maior amplitude desse *terroir* ser bem próxima à observada para o *terroir* Serra do Boné, os valores de temperatura mínima e máxima foram

superiores, o que do ponto de vista de produção de cafés especiais não é muito recomendado, principalmente para a fase em questão, correspondente à formação das gemas florais. Conforme discutido por Nascimento et al. (2008), temperaturas muito elevadas nessa fase podem levar à má formação de gemas e conseqüente floração deficiente com flores imperfeitas. Esse fato, se expressivo, tende a prejudicar a qualidade final da bebida do café.

**Tabela 10.** Estatística descritiva das umidades relativas do ar (%) para as quatro fases fenológicas abrangidas pelo estudo em cada uma das lavouras

Fazenda	Medida	Fases Fenológicas do Cafeeiro			
		4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Braúna	Média	88,40	88,41	79,37	82,12
	Mínima	43,75	31,75	43,03	40,75
	Máxima	100,00	100,00	100,00	100,00
JA_B	Média	89,94	90,09	73,75	85,25
	Mínima	52,25	30,84	20,25	21,25
	Máxima	100,00	100,00	100,00	100,00
JA_A	Média	88,46	88,41	78,96	83,93
	Mínima	47,92	37,23	39,19	39,93
	Máxima	100,00	100,00	100,00	100,00
Serra do Boné	Média	89,64	89,25	83,77	90,47
	Mínima	74,25	76,90	77,01	74,18
	Máxima	100,00	100,00	100,00	100,00

Quanto aos valores absolutos da umidade relativa do ar (Tabela 10), os valores médios para as quatro fazendas foram relativamente próximos e conseqüentemente os dois *terroirs* não apresentaram significativa diferença. Entretanto, quando se observa os valores mínimos de umidade, é notável o fato de que os valores para o *terroir* do Boné são significativamente superiores aos valores mínimos das demais fazendas que compõem o outro *terroir*. Esses fatos analisados de forma conjunta sugerem que existe, um padrão de distribuição da umidade diferente para os *terroirs*.

Diante disso, procedeu-se uma análise de normalidade para os mesmos, em que se constatou que no *terroir* do Serra do Boné a distribuição da umidade é mais próxima à distribuição normal, sem grandes oscilações ao longo das fases fenológicas. Esse mesmo comportamento não foi observado para o outro *terroir*, em que a distribuição se afastou muito da normalidade dos dados. Uma explicação para isto pode ser o fato de que a



fazenda Serra do Boné está inserida em uma área cercada por matas, o que tende a manter uma maior umidade mínima.

**Tabela 11.** Estatística descritiva da radiação solar ( $W.m^{-2}$ ) para as quatro fases fenológicas abrangidas pelo estudo em cada uma das lavouras

Fazenda	Medida	Fases Fenológicas do Cafeeiro			
		4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Braúna	Média	221,55	216,59	189,71	198,20
	Mínima	0,60	0,60	0,60	0,60
	Máxima	1276,90	1276,90	1077,67	1276,90
JA_B	Média	201,66	211,38	196,37	198,95
	Mínima	0,60	0,60	0,60	0,60
	Máxima	1279,40	1185,97	1223,10	1276,90
JA_A	Média	278,52	221,82	193,50	212,25
	Mínima	0,60	0,60	0,60	0,60
	Máxima	1276,90	1276,90	1054,43	1276,90
Serra do Boné	Média	275,53	229,50	202,53	203,83
	Mínima	0,60	0,60	0,60	0,60
	Máxima	1208,19	1198,35	1166,01	1206,31
Terroir 1	Média	275,53	229,50	202,53	203,83
	Mínima	0,60	0,60	0,60	0,60
	Máxima	1208,19	1198,35	1166,01	1206,31
Terroir 2	Média	233,91	216,60	193,19	203,13
	Mínima	0,60	0,60	0,60	0,60
	Máxima	1276,90	1276,90	1223,10	1276,9

Quando se analisa a intensidade luminosa incidente (Tabela 11), não se observa significativa diferença entre os *terroirs* e tão pouco entre as fazendas que os compõem tanto para os valores médios quanto para os valores mínimos e máximos. No entanto, quando se analisa o número médio de horas de luminosidade natural por dia, observa-se que, com exceção da 6<sup>a</sup> fase fenológica do café (fase de repouso e senescência dos ramos), o *terroir* Serra do Boné apresenta maior número de horas de recebimento de radiação solar, principalmente para a 1<sup>a</sup> fase (vegetação e formação de gemas florais).

**Tabela 12.** Número médio de horas de luminosidade natural para as quatro fases fenológicas abrangidas pelo estudo em cada uma das lavouras

Fazenda	Fases Fenológicas do Cafeeiro			
	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Braúna	12,67	11,19	12,00	12,30
JA_B	12,50	11,30	11,00	14,64
JA_A	12,59	11,80	12,00	12,48
Serra do Boné	13,00	12,00	12,00	15,00

Na primeira fase fenológica do café o maior fotoperíodo, como aconteceu com o *terroir* Serra do Boné, é algo desejável, uma vez que um maior número de horas de luz representa uma atividade fotossintética mais ativa e conseqüentemente uma menor perda de rendimento e qualidade dos frutos uma vez que a planta tem condições de se recuperar vegetativamente de forma mais rápida. Nunes et al. (1993) porém alertam que altas intensidades luminosas podem saturar intensamente o aparelho fotossintético do cafeeiro, acarretando fotoinibição, o que não foi observado nesse trabalho.

Freitas (2000) afirma que durante o período de 09:00 e 14:00hs, onde a intensidade luminosa é maior, ocorre uma redução na assimilação de carbono devido, provavelmente, ao fechamento dos estômatos provocado pela perda de água nessas condições. Nessa fase a taxa fotossintética do cafeeiro fica reduzida, aumentando após esse período com a redução da intensidade luminosa a níveis adequados e conseqüente reabertura dos estômatos. A partir desse momento, com a redução natural da intensidade luminosa até o total pôr-do-sol, a taxa fotossintética também decai, devido à diminuição da oferta de luz. Em situações, como as observadas para o *terroir* Serra do Boné, os picos fotossintéticos tendem a ser mais prolongados, devido ao maior fotoperíodo observado neste *terroir*.

Em linhas gerais, o *terroir* Serra do Boné apresenta um microclima bem próprio e diferente do observado no outro *terroir*, com condições climáticas mais adequadas para a produção de cafés especiais, principalmente do ponto de vista da temperatura e fotoperíodo. Isso favorece, entre outros fatores, o acúmulo de açúcares nos grãos crus, devido à maturação mais uniforme, culminando com a maior doçura da

bebida. Pode-se afirmar portanto, que o microclima além de influenciar a qualidade do café, também influi sobre os *terroirs* de produção.

Van Leeuwen et al. (2004), estudando o efeito do clima, solo e cultivar sobre o *terroir* de produção de uva, constataram que o efeito do clima é fundamental para a compreensão e distinção dos *terroirs*. Esses autores afirmam que este fato ocorre, pois o clima tem ligação íntima e direta com o local de inserção da cultura e influi significativamente qualquer plantio agrícola. Resultados semelhantes para o cultivo da videira e a qualidade dos vinhos foram encontrados por Webb et al. (2012).

## CONCLUSÕES

Os atributos físicos do solo não diferiram entre as lavouras estudadas, excluindo o seu efeito sobre a qualidade do café e sobre os *terroirs* de produção no Município de Araponga – MG.

O solo das fazendas apresenta a mesma formação com predominância de caulinita na fração argila e conseqüentemente apresentam o mesmo comportamento dentro dos diferentes *terroirs*.

A qualidade do café, expressada pela sua nota global, e os *terroirs*, diferenciados principalmente em função da doçura e equilíbrio da bebida, são influenciados pela localização e altitude do local de produção, sendo a qualidade dependente do *terroir*, e este, por sua vez, da altitude e da posição da lavoura.

O *terroir* Serra do Boné apresenta um microclima bem próprio e diferente do observado no outro *terroir*, com condições climáticas mais adequadas para a produção de cafés especiais, principalmente do ponto de vista da temperatura e fotoperíodo.

O *terroir* e a qualidade do café são dependentes, dos fatores topográficos e climáticos das regiões de produção, sendo essas as variáveis responsáveis pela diferenciação dos mesmos para a cultura do café.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 20., 2004, Montpellier. **Proceedings...** Paris, 2004. CDROM.

ARAUJO, A.V. **Variabilidade espacial de propriedades químicas e granulométricas do solo na definição de zonas homogêneas de manejo** (Tese) 80 f. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002.

AVELINO, J.; BARBOZA, B.; ARAYA, J.C.; FONSECA, C.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; CILAS, C. 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 the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 1869–1876, 2005.

BARBOSA, J.N.; BOREM, F.M.; CIRILLO, M.A.; MALTA, M.R.; ALVARENGA, A.A.; ALVES, H.M.R. Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.

BARHAM, Elizabeth. Translating terroir: the global challenge of French AOC labeling. **Journal of Rural Studies**, n. 19, p.127-138, 2003.

BÉRARD, Laurence. Local food between nature and culture: from neighbour farm to terroir. Interview of Laurence Bérard. **Anthropology of Food**, n. 4, mai 2005. Disponível em: <<http://aof.revues.org/document109.html>>. Acesso em: 11 Fev 2010.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CAMARGO, F.T. **Crescimento e maturação do fruto de café (*Coffea arabica* L.) em sistema arborizado e em monocultivo**. 145 f. Dissertação

(Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, 2007.

CAREY, V.A.; SAAYMAN, D.; ARCHER, E.; BARBEAU, G.; WALLACE, M. Viticultural terroirs in Stellenbosch, South Africa. I. The identification of natural terroir units. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin.**, v. 42, n°4, p. 169-183, 2008.

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; RUIZ, H.A.; BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 311-324, 2003.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900 p.

DARUNSONTAYA, T.; SUDDHIPRAKARN, A.; KHEORUENROMNE, I.; PRAKONGKEP, N.; GILKES, R.J. The forms and availability to plants of soil potassium as related to mineralogy for upland Oxisols and Ultisols from Thailand. **Geoderma**, v. 170, n. 15, p. 11-24, 2012.

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

DELOIRE, A.; VADOUR, E.; CAREY, V.; BONNARDOT, V.; Van LEEUWEN, C. Grapevine response to terroir: A global approach. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**. v. 39, n. 4, p. 149-162. 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Produção de Informação, 2006, 412p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

FREITAS, R.B. **Avaliações fisiológicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) em diferentes sistemas de cultivos**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.

GUYOT, B., GUEULE, D., MANEZ, J. C., PERRIOT, J. J., GIRON, J., e VILLAIN, L. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. **Plantations, Recherche, Developpment**, Paris, v.3, n.4, p.272-283, 1996.

HOAGLIN, D. C.; MOSTELLER, F.; TYKEY, J. W. **Análise exploratória de dados: técnicas robustas, um guia**. Lisboa: Salamandra, 1983. 446 p.

JACKSON, M. L. **Soil Chemical Analysis: Advanced Course**, 2. ed., Madison, University of Wisconsin. 1969. 835 p.

KITAMURA, A.E.; CARVALHO, M.P.; LIMA, C.G.R. Relação entre a variabilidade espacial das frações granulométricas do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 361-369, 2007.

KUMŠTA, M.; PAVLOUŠEK, P.; KUPSA, J. Influence of terroir on the concentration of selected stilbenes in wines of the cv. Riesling in the Czech Republic. **Journal Horticultural Science**, v. 39, n. 1, p. 38-46, 2012.

LADO, M.; BEN-HUR, M. Soil mineralogy effects on seal formation, runoff and soil loss. **Applied Clay Science**, v. 24, p. 209-224, 2004.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; NETO, A.P. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1521-1530, 2007.

LIBARDI, P. L.; MANFRON, P. A.; MORAES, S. O. TUON, R. L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 20, n.1, p. 1-12, 1996.

MELO, V.F.; CORRÊA G.F.; MASCHIO, P.A.; RIBEIRO, A.N.; LIMA V.C. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 807-819, 2003.

MELO, V.F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 65, p. 1324-1333, 2001.

MELO, V.F.; WYPYCH, F. Caulinita e Haloisita. In: MELO, V.F. e ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo**; Conceitos básicos. Parte 1. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.1. p.427-504.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 295p.

NASCIMENTO, M.N.; ALVES, J.D.; SOARES, A.M.; CASTRO, E.M.; MAGALHÃES, M.M.; ALVARENGA, A.A.; SILVA, G.H. Alterações bioquímicas de plantas e morfológicas de gemas de cafeeiro associadas a eventos do florescimento em resposta a elementos meteorológicos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1300-1307, 2008.

NORTON, L.D.; MAMEDOV, A.I.; HUANG, C.; LEVY, G.L. Soil aggregate stability as affected by long-term tillage and clay mineralogy. **Advances in Geology**, v. 38, p. 422-429, 2006.

NUNES, M.A.; DIAS, M.A.; RAMALHO, J.D.C.; DIAS, M.A. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, n. 262, p. 893-899, 1993.

OLIVEIRA JUNIOR, J.C.; SOUZA, L.C.P.; MELO, V.F.; ROCHA, H.O. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de solos da formação Guabirota, Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1481-1490, 2011.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. Viçosa-MG, 2005, 92p.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a humic Rhodic Hapludox under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, 2012.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; OLIVEIRA, R.B.; SOUZA, G.S.; SILVA, M.A. Análise espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de café conilon. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.335-342, 2007.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; SOUZA, G.S.; OLIVEIRA, R.B.; SILVA, A.F. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2010.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; ZUCOLOTO, M. Distribuição espacial das frações granulométricas em um latossolo vermelho amarelo utilizando krigagem indicativa. **Engenharia na agricultura**, v.19, n.3, p. 195-202, 2011.

SOUZA NETO, E.L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.2, p.255-260, 2008.

van LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONÉ, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 55, n. 3, p. 207-217, 2004.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture. **Journal Wine Res.** N. 17, p. 1–10, 2006.

VAUDOUR, E. **Les terroir viticoles**. Définitions, caractérisation et protection. Dunod, Paris. 2003, 294p.



WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. **In:** Hillel, D. (ed.) Applications of soil physics. New York: Academic press, 1980. p.319-344.

WEBB, L.B.; WHETTON, P.H.; BHEND, J.; DARBYSHIRE, R.; BRIGGS, P.R.; BARLOW, E.W.R. Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 259–264, 2012.

WEIA, S.; TAN, W.; ZHAOC, W.; YUD, Y.; LIUD, F.; KOOPAL, L.K. Microstructure, interaction mechanisms, and stability of binary systems containing goethite and kaolinite. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 2, p. 389-398, 2012.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. (Tese). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001.

ZSÓFI, Z.; TÓTHA, E.; RUSJANB, D.; BÁLOA, B. Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. **Scientia Horticulturae**. v. 127, p. 494–499, 2011.

ZWICK, W.R. e VELICER, W.F. Factors influencing four rules for determining the number of components to retain. **Psychol. B.**, 99:432-442, 1986.

## **CAPÍTULO IV**

### **QUALIDADE DO CAFÉ E SUA RELAÇÃO COM O GRAU BRUX E A INFORMAÇÃO CROMÁTICA DOS FRUTOS CEREJA**

#### **RESUMO**

O café é um produto que tem seu valor estipulado em função da sua qualidade e esta é dependente do estágio de maturação frutos, sendo tanto maior quanto mais maduros os mesmos se encontrem. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi analisar o teor de sólidos solúveis de amostras de café, determinar a assinatura espectral dos frutos e sua informação cromática e correlacionar essas informações com a qualidade global da bebida. Foram coletados amostras de frutos cereja em todos os talhões de quatro lavouras do município de Araponga – MG. Essas foram submetidas à análise espectral e colorimétrica e utilizadas na determinação dos valores de graus Brix ( $^{\circ}$  Brix). Em seguida as amostras foram submetidas ao teste de qualidade, onde nessa buscou-se identificar a qualidade global do café. As curvas espectrais médias dos frutos foram decompostas e utilizou-se o valor médio correspondente à faixa do espectro vermelho (630 a 680 nm). Na análise colorimétrica, realizada através de imagens digitais, trabalhou-se com a média do valor da banda do vermelho (Banda R) de todos os pixels da imagem. Os valores de  $^{\circ}$  Brix corresponderam à média dos frutos que compunham cada amostra. Os dados foram inicialmente submetidos a uma análise de correlação de Pearson. Foram gerados mapas de variabilidade espacial da qualidade global, dos valores de brix, de reflectância e da Banda R para cada uma das lavouras envolvidas no estudo. Realizou-se também uma análise de regressão linear para gerar modelos capazes de explicar a relação existente entre as variáveis. A qualidade global do café apresentou

correlação significativa com os valores de Banda R e reflectância dos frutos. Os valores de ° Brix não apresentaram correlação significativa com a qualidade do café. É possível utilizar os valores de Banda R e de reflectância dos frutos cereja para a estimativa dos valores de qualidade global do café, sendo viável a adoção de um sistema simplificado para aquisição das imagens.

**Palavras-chave:** Estádio de maturação, espectroradiometria, agricultura de precisão

## **QUALITY COFFEE AND ITS RELATION TO BRIX DEGREE AND THE CHROMATIC INFORMATION OF THE CHERRY FRUIT**

### **ABSTRACT**

The Coffee is a product that has its value set according to their quality and this is dependent on the fruit ripening stage, and the more mature bathing suits as they are. Therefore, the aim of this study was to analyze the soluble solids content of coffee samples, determine the spectral signature of the fruit and its chromatic information and correlate this information with the overall quality of the drink. We collected samples of cherry fruit in all four plots of crops Araponga's city - MG. These were submitted to spectral analysis and colorimetric and used in the determination of soluble solids (° Brix). Then the samples were subjected to quality testing, where that sought to identify the overall quality of coffee. The average spectral curves of the fruits were decomposed and used the average value corresponding to red spectral range (630-680 nm). In the colorimetric analysis, performed using digital imaging, worked with the average value of the red band (R band) of all image pixels. The ° Brix values corresponded to the average fruit that made up each sample. The data were initially submitted to a Pearson correlation analysis. Maps were generated variability in the quality overall brix values of reflectance and R band for each of the fields in the study. There was also a linear regression analysis to generate models capable of explaining the relationship between the variables. The overall quality of coffee has significant correlation with the values of R band and reflectance of fruits. The

° Brix values showed no significant correlation with the quality of coffee. You can use the values of R band and reflectance of cherry fruit to the estimation of overall quality of coffee, and feasible to adopt a simplified system for image acquisition.

**Key-words:** Ripening stage, spectroradiometry, precision agriculture

## INTRODUÇÃO

O café é um produto que tem seu valor estipulado em função da sua qualidade, e é consenso que esta é uma característica definida desde o campo e influenciada, entre outros fatores, pela altitude onde o café é produzido, pelas condições ambientais e de solo, pelas práticas culturais e de colheita e muito pelo estágio de maturação dos frutos no momento da colheita (Silva et al., 2010).

Por apresentar múltiplas floradas, o cafeeiro é uma planta caracterizada pela desuniformidade de maturação, com presença, no campo, de frutos em diferentes estádios durante todo o intervalo de safra. Esse fato, associado às práticas de colheita utilizadas, faz com que a maioria dos lotes de cafés colhidos no Brasil apresente elevada porcentagem de frutos verdes (Borém e Reinato, 2004), o que representa perda significativa de qualidade potencial da bebida.

Diversos estudos têm mostrado que a qualidade da bebida é maior quando esta é obtida de frutos maduros, e que os frutos verdes e secos a deterioram, alterando o sabor e atribuindo ao aroma odor fermentado e acre (Borges et al., 2002; Rios et al., 2007; Angélico et al., 2011; Fagan et al., 2011). De acordo com Arruda et al. (2011), os grão de café no estágio cereja (maduro) apresentam maior qualidade pois agregam os precursores químicos mais importantes para gerar bebidas superiores após a torra.

Nobre et al. (2011) afirmam que a melhor qualidade dos frutos maduros se deve, principalmente, ao fato dos níveis de açúcares totais, açúcares redutores e não redutores permanecerem constantes até o início da maturação, elevando-se, então, acentuadamente quando os frutos amadurecem. Entretanto, frutos no início do estágio cereja não possuem, ainda, as concentrações adequadas de tais açúcares, fazendo com que o

comportamento da qualidade seja também dependente do grau de maturação do próprio fruto cereja.

Partindo-se dos relatos de Pinto et al. (2001) e Leroy et al. (2006) de que existe uma relação entre a qualidade de bebida do café e os teores de açúcares solúveis dos frutos e grãos, Alves (2009) utilizou um refratômetro portátil para avaliar, por meio do brix, o estágio de maturação dos frutos e a relação entre estes açúcares e as características sensoriais do café. De acordo com o autor, a metodologia permitiu acompanhar, de forma satisfatória, o desenvolvimento e maturação dos frutos, entretanto, segundo o mesmo, elevados valores de brix não garantem alta qualidade de bebida.

Em outras culturas, os valores de brix têm sido continuamente utilizados como indicadores de maturação e palatabilidade dos frutos (Bramley e Hamilton, 2004; Yoon et al. 2005), e também na avaliação da qualidade potencial desses para a produção de produtos de qualidade superior (Meggio et al., 2010).

Gay et al. (2002) discutem que a cor dos frutos também é uma ótima ferramenta para classificação e predição de sua qualidade, principalmente quando é possível identificar uma certa banda do espectro luminoso que apresente relação com a qualidade. No caso do café, Pinto et al. (2003) ressaltam que este apresenta, como característica, uma cor marcante e facilmente diferenciada durante o estágio de maturação fisiológica, o que possibilita sua classificação, relacionando a cor ao devido estágio.

Apesar das potencialidades para estudos relacionados à qualidade do café, o comportamento espectral e análise de imagens digitais da coloração dos frutos têm sido utilizados, nessa cultura, com finalidades diferentes a esta. Assad et al. (2002) aplicaram as técnicas espectrais e de análise de imagens para identificar impurezas em misturas de grãos de café. Pinto et al. (2003) utilizaram a informação cromática dos frutos de café na faixa do visível para estimativa do seu teor de água. Guimarães et al. (2011) utilizaram-se de tais ferramentas para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de café, conseguindo determinar o vigor de lotes de sementes e estimar o potencial germinativo das mesmas.

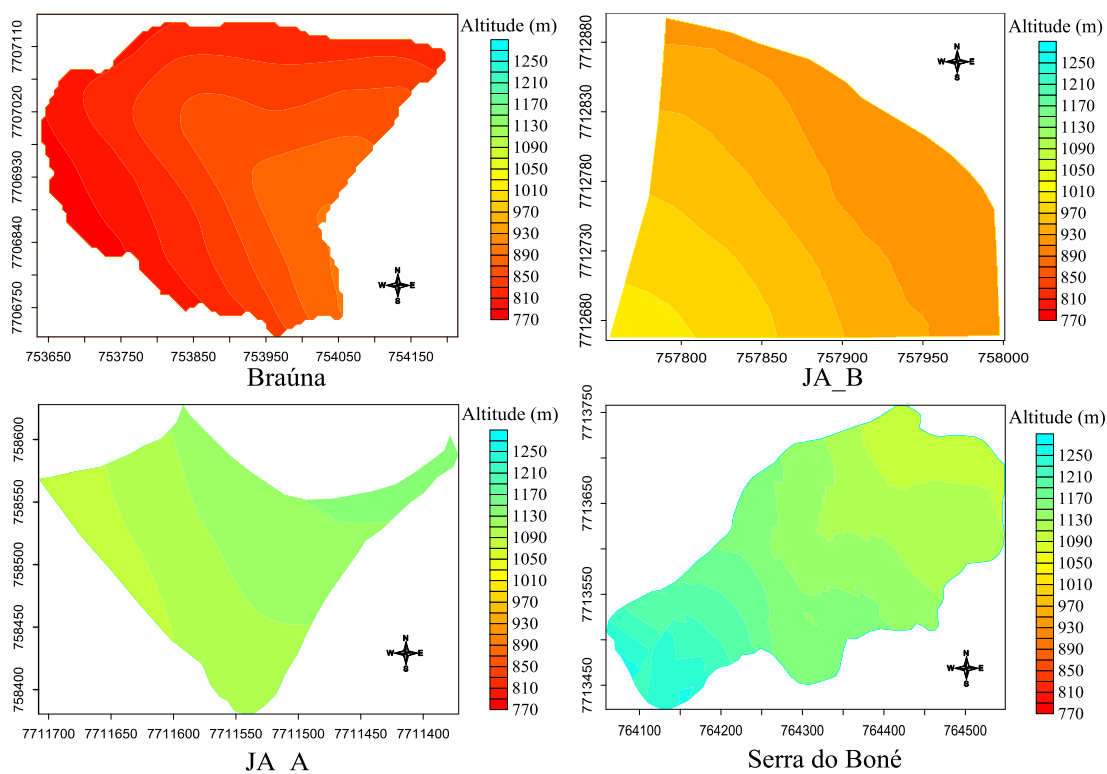
Diante do exposto, a hipótese desse trabalho está alicerçada no fato de que existe uma correlação dos teores de sólidos solúveis e da cor dos

frutos de café com a sua qualidade. Com isso, o objetivo desse trabalho foi analisar o teor de sólidos solúveis de amostras de café, determinar a assinatura espectral dos frutos e sua informação cromática e correlacionar essas informações com a qualidade global da bebida.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na safra de 2010/2011 em quatro lavouras localizadas no município de Araponga – MG, na Mesorregião da Zona da Mata Mineira. O clima da região é do tipo tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 19° C, com variações entre 12° (média das mínimas) e 26° C (média das máximas) (IBGE, 2010).

As lavouras foram identificadas em: (A) JA\_B (Fazenda João Andrade Baixa); (B) Braúna (Fazenda Braúna); (C) JA\_A (Fazenda João Andrade Alta); e (D) Serra do Boné (Fazenda Serra do Boné). As fazendas estão localizadas em diferentes extratos de altitude, variando de 860 a 1270 m, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Modelos digitais de elevação para as lavouras no município de Araponga, MG. (A) Braúna; (B) JA\_B; (C) JA\_A, e; (D) Serra do Boné.

O solo das quatro fazendas foi classificado, de acordo com Embrapa (2006), em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico com textura de argilosa a muito argilosa e horizonte A moderado.

As variedades cultivadas nas quatro lavouras são basicamente as mesmas, com predominância para o catuaí e catucaí, ambos com frutos de coloração vermelha. A fazenda Serra do Boné possui variedades com frutos de coloração amarela, sendo 9242 plantas da variedade catucaí amarelo e 9325 plantas da variedade bourbon amarelo.

### **Coleta e processamento de frutos**

Em cada talhão, de cada fazenda, no momento da colheita foram amostradas cerca de 30 plantas por hectare, escolhidas aleatoriamente. Em cada planta, foram colhidos manualmente os frutos cereja de quatro ramos, um par em cada lado da planta, voltados para as entrelinhas. A escolha desses ramos foi aleatória, de forma que os frutos fossem representativos da planta e da parcela. Os frutos coletados foram posteriormente agrupados, formando uma amostra composta por talhão.

Os frutos coletados foram utilizados na determinação da qualidade global do café, dos valores de graus brix, na análise espectral e na análise colorimétrica.

### **Análise espectral e colorimétrica e determinação dos valores de graus brix dos frutos de café**

De cada amostra de frutos cereja coletados em cada talhão das lavouras, foram retirados ao acaso vinte e cinco frutos, os quais foram submetidos à análise espectral e colorimétrica e foram utilizados para a determinação dos valores de graus brix.

A análise espectral dos frutos cereja foi realizada utilizando um espectroradiômetro portátil Modelo FieldSpec® HandHeld 2™ e uma sonda de contato com iluminação independente e intensidade luminosa definida.

Anteriormente a cada medição, o aparelho foi calibrado utilizando-se uma placa de referência de coloração branca, constante dos acessórios complementares do mesmo.

Foi construída uma câmara para levantamento das curvas espectrais dos frutos. Essa foi feita utilizando duas terminações de PVC com diâmetro de 75 mm, e altura de 5cm. Essa medida foi adotada em função do ângulo de leitura do sensor do equipamento.

No centro de uma das terminações foi aberto um orifício de diâmetro equivalente ao da extremidade de leitura da sonda de contato, permitindo o seu encaixe na câmara. Como a cor preta é formada pela absorção de todos os comprimentos de onda, a câmara foi internamente pintada com tinta spray de cor preto fosco. Entretanto, para garantir que a curva resultante das medições dos frutos seja um reflexo exclusivo da assinatura espectral dos mesmos, realizou-se leituras da câmara vazia anteriormente à cada medida, sendo os valores obtidos, utilizados como fator de correção para as leituras, sendo o valor obtido subtraído das leituras dos frutos.

A medida da curva espectral (reflectância) dos frutos de cada amostra de cada talhão das lavouras foi uma média de três medidas individuais realizadas com o espectroradiômetro.

Para a aquisição das imagens digitais na análise colorimétrica, utilizou-se uma máquina digital da Marca Sony, modelo CyberShot, com 10.1 megapixels. Os diversos sistemas automáticos de correção e de balanço de branco, assim como o “flash”, foram desativados para elevar a confiabilidade das determinações.

A justificativa da utilização de câmeras digitais convencionais é por se tratar de um equipamento de custo relativamente reduzido e de fácil operação, com grandes possibilidades de utilização pelos próprios produtores.

Assim como na determinação da assinatura espectral dos frutos, construiu-se uma câmara para aquisição das imagens digitais. Tal câmara consistiu de uma caixa de madeira de cor interna branca. No fundo da mesma foi posicionado um gabarito quadrado com área suficiente para comportar o número de frutos utilizado na determinação da assinatura espectral e na determinação dos valores de brix. Utilizou-se iluminação artificial, a qual foi posicionada lateralmente na porção superior da câmara e isolada, para forçar a iluminação a atingir os frutos de forma difusa, visando



reduzir o efeito refletivo. Foram tomadas três imagens por amostra, com posterior cálculo do valor médio representativo de cada talhão.

A partir das imagens coloridas foram geradas imagens monocromáticas representativas das bandas do vermelho (R), verde (G) e azul (B), separadamente. Tais imagens foram processadas utilizando o pacote MatLab, afim de se extrair os valores dos *pixels* correspondentes às respectivas bandas do espectro do visível. Os resultados de *pixels* RGB obtidos para as imagens foram contrastados com os *pixels* obtidos a partir de diferentes amostras padrões, cada uma representando um estágio de maturação dos frutos (cereja, verde e passa). Esse procedimento foi realizado com o intuito de endossar as conclusões obtidas nesse trabalho acerca da relação entre a Banda R e a qualidade global do café.

Após essas determinações, tomou-se os vinte e cinco frutos dos quais, utilizando-se de um refratômetro portátil, modelo PAL3, marca ATAGO, se fez a leitura do grau brix do suco obtido pela compressão dos mesmos. Essa análise foi a última a ser realizada por se tratar de uma amostragem destrutiva.

### **Processamento das amostras e avaliação da qualidade dos cafés produzidos nas lavouras**

As amostras de frutos foram descascadas, utilizando-se um descascador manual com fluxo de água contínuo. As amostras descascadas foram secas, artificialmente, com temperatura do ar de secagem de 40° C, até atingirem o teor de água aproximado de 12% b.u, utilizando um secador de amostras de leito fixo em bandejas, com queimador a gás.

As amostras secas foram beneficiadas utilizando-se um descascador de amostra portátil. Em seguida, as mesmas foram acondicionadas em embalagens plásticas e armazenadas por um prazo aproximado de dois meses até a realização do teste de qualidade física e sensorial.

A qualidade do café foi avaliada por meio da análise de suas características físicas e pela análise sensorial, denominada popularmente como teste de bebida.

As amostras foram classificadas, anteriormente à análise sensorial de qualidade, quanto ao tamanho do grão (peneira) e número de defeitos.

A qualidade sensorial do café foi avaliada pela “prova de xícara” por meio das características de doçura, sabor, acidez, corpo e equilíbrio que compõem a sua qualidade global. As análises foram realizadas segundo as regras de competições nacionais e internacionais da Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America - SCAA) e de acordo com formulário de avaliação sensorial de café da própria associação.

O teste sensorial (prova de xícara) foi realizado por três provadores, efetuando-se apenas uma determinação por degustador por amostra. Cada amostra foi composta de cinco xícaras a serem analisadas quanto às características sensoriais discutidas acima.

A análise deste conjunto de critérios de qualidade determinou o valor da nota final global de cada amostra, sendo calculadas as médias de valores dos critérios de qualidade, obtendo-se uma nota única de qualidade por amostra.

### **Análises dos dados e construção dos mapas temáticos**

As curvas espectrais médias dos frutos foram decompostas e utilizou-se nas análises estatísticas e para a construção dos mapas temáticos dessa variável o valor médio correspondente à faixa do espectro vermelho (630 a 680 nm). No caso da análise colorimétrica através das imagens digitais, trabalhou-se com a média do valor da banda do vermelho (Banda R) de todos os *pixels* da imagem. Os valores de graus brix, por sua vez, correspondem à média dos 25 frutos que compunham cada amostra.

Os dados foram inicialmente submetidos a uma análise de correlação de Pearson, com o intuito de testar as hipóteses desse trabalho. Esta análise foi realizada por meio do software Statistica 7.0, em que se buscou avaliar a correlação existente entre a qualidade global do café e os valores médios de reflectância e os valores médios dos *pixels* das imagens (ambos na banda do vermelho – Banda R) e os valores médios de graus brix para cada amostra de café. Essa análise foi realizada de duas formas: uma primeira, realizada individualmente para cada fazenda envolvida no estudo e uma segunda realizada considerando todas as fazendas.

Para determinar o número de classes dos valores de brix, reflectância e Banda R em cada fazenda e os membros de cada classe foi realizada uma

análise de agrupamentos utilizando-se dois métodos: dendrograma – Ward's Method e “K means”. O primeiro método foi utilizado com o intuito de definir o número de classes em que se dividia as variáveis, enquanto que o segundo para se determinar os membros de cada uma das classes, conforme metodologia apresentada por Alves (2009).

A partir dos resultados dessa análise foram gerados os mapas de variabilidade espacial da qualidade global, dos valores de brix, de reflectância e da Banda R para cada uma das lavouras envolvidas no estudo. Estes mapas foram gerados utilizando-se o programa computacional ArcGis, versão 9.3. A análise de similaridade dos mapas gerados foi realizada de forma visual.

Em última análise, os resultados foram submetidos a uma análise de regressão linear para gerar um modelo capaz de explicar a relação existente entre as variáveis brix, reflectância e Banda R e a qualidade global do café. Essa análise foi realizada considerando todas as fazendas de forma a abranger um intervalo maior de resultados e foi orientada pela análise de correlação de Pearson, ou seja, o procedimento só foi realizado para o pareamento que apresentou correlação significativa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos para a análise estatística descritiva para as notas de qualidade global do café, Banda R, ° Brix e Reflectância no Vermelho dos frutos cereja são apresentados na Tabela 1. Através dessa análise é possível perceber que as maiores médias de qualidade, Banda R e reflectância dos frutos foram observadas na fazenda Serra do Boné, sendo a média das demais fazendas muito próximas. Os valores médios de grau Brix tenderam a ser igualmente, superiores para as fazendas Braúna e JA\_B e igualmente inferiores para as fazendas JA\_A e Serra do Boné.

Com base nos valores máximos, os maiores valores de qualidade global foram obtidos para as fazendas Braúna e Serra do Boné, onde a nota máxima em ambas foi 87. A fazenda JA\_B apresentou nota máxima de 84 enquanto que a fazenda JA\_A nota máxima igual a 86. Apesar do valor elevado para a qualidade global do café observado na fazenda Braúna, esta

foi a que apresentou a maior amplitude (dispersão), com variação de 76 a 87 e com 50% dos talhões apresentando notas entre 82 e 85. Na fazenda Serra do Boné, que também apresentou o maior valor de qualidade global, a variação foi pequena, sendo que a totalidade dos talhões apresenta qualidade global entre 85 e 87. De acordo com os critérios da SCAA (2008), os cafés produzidos na fazenda Serra do Boné são em sua totalidade cafés excelentes e classificados como de origem especial. A fazenda Braúna, apesar de possuir cafés nessa categoria, tem sua maior porcentagem compreendida no grupo dos cafés tidos como muito bons e classificados como cafés premium.

**Tabela 1.** Estatística descritiva para os valores de Banda R, Grau Brix e Reflectância no Vermelho para as lavouras envolvidas no estudo

Variáveis	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV (%)
Braúna					
Qualidade	82,83	84,00	76,00	87,00	6,33
Banda R	51,17	52,26	35,43	61,23	13,48
Grau Brix	21,05	21,22	18,78	22,64	5,97
Reflectância	6,68	6,90	4,54	8,04	15,31
JA_B					
Qualidade	83,50	82,50	82,00	84,00	1,16
Banda R	55,48	55,10	52,83	58,87	4,52
Grau Brix	21,04	21,83	17,83	22,67	10,37
Reflectância	7,37	7,26	6,03	10,33	16,19
JA_A					
Qualidade	82,25	83,00	79,00	86,00	4,54
Banda R	55,22	52,35	51,63	55,68	4,05
Grau Brix	18,46	18,51	18,13	18,74	1,66
Reflectância	8,86	7,70	7,49	11,38	24,65
Serra do Boné					
Qualidade	86,00	86,00	85,00	87,00	0,94
Banda R	61,54	60,76	54,34	69,96	6,05
Grau Brix	18,59	18,57	16,84	20,18	5,58
Reflectância	10,22	10,48	8,06	12,04	15,06

Analisando os valores dos coeficientes de variação, a maior variabilidade de qualidade, é observada para a fazenda Braúna, seguida da fazenda JA\_A, enquanto que a fazenda Serra do Boné apresentou a menor variabilidade. Comportamento semelhante foi observado para as demais

variáveis, com exceção dos valores de Grau Brix em que a maior variabilidade foi observada para a fazenda JA\_B. Desta forma, pode-se dizer que há semelhança na magnitude da variabilidade entre as fazendas para cada uma das variáveis envolvidas no estudo.

Em linhas gerais, os resultados obtidos nessa análise estatística descritiva, para aos valores médios de Grau Brix, apontam para o fato que este segue um padrão inverso à altitude, uma vez que nas lavouras de baixa altitude os valores de Grau Brix foram maiores (Fazenda Braúna e JA\_A) e nas lavouras de altitude mais elevadas estes valores foram menores. Esse resultado observado para o Grau Brix é incoerente do ponto de vista fisiológico, e contradiz os padrões determinados na literatura (Silva et al., 2004), uma vez que altitudes mais elevadas favorecem o acúmulo de açúcares em frutos de café e contribuem para a formação de cafés mais adocicados, conforme constatado nos capítulos anteriores deste trabalho (Barbosa et al., 2012).

Os dados foram submetidos à uma análise de correlação linear de Pearson para buscar confirmações para o comportamento discutido anteriormente. Os resultados para essas análises são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Correlação linear de Pearson entre a banda vermelha (R) do espectro visível, Grau Brix e reflectância dos frutos e a qualidade do café

Qualidade	R	Grau Brix	Reflectância (R)
Braúna	0,90*	-0,21	0,89*
JA_B	0,90*	0,21	0,95*
JA_A	0,73*	-0,27	0,57
Serra do Boné	0,94*	-0,26	0,95*

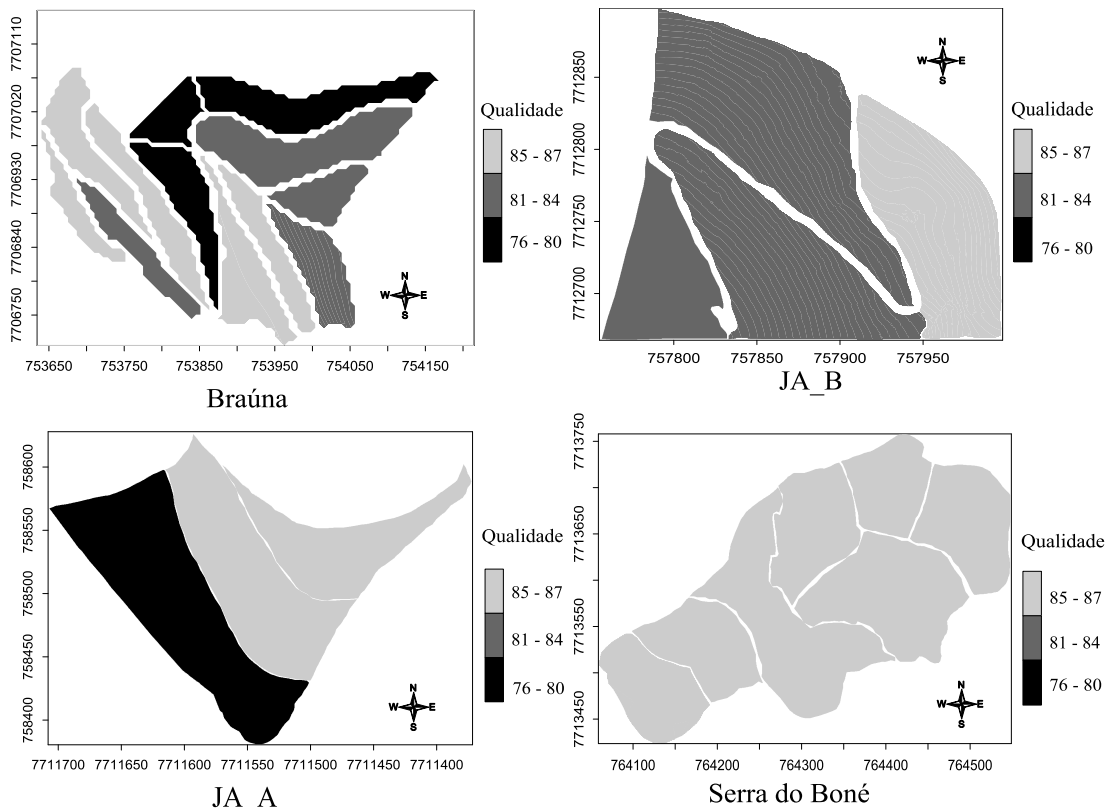
R – valores da banda do vermelho do espectro visível para os *pixels* das imagens digitais; \* Correlação linear de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Percebe-se que a qualidade global do café, em todas as fazendas, é altamente correlacionada com os valores de Banda R, sendo esses valores mais expressivos para fazenda Serra do Boné em que a correlação foi de 94% e menos expressivo para a fazenda JA\_A, em que a correlação foi de 73%. Comportamento semelhante foi observado para a correlação com a reflectância dos frutos, a qual foi altamente significativa para todas as

fazendas, sendo que a fazenda JA\_A apresentou o menor valor de correlação e essa não foi significativa. Esse resultado se deve principalmente à discrepância na variação dos valores de qualidade (CV = 4,54%) e reflectância (CV = 24,65) observada nessa fazenda.

Os valores de Grau Brix não se correlacionaram com a qualidade global do café em nenhuma das fazendas estudadas, o que corrobora, em partes, com os resultados observados por Alves (2009), que constatou que não existe relação entre alto teor de Grau Brix nos frutos e alta qualidade de bebida. Entretanto, esse autor afirma que baixos valores de Grau Brix resultam, quase sempre, em baixos valores de qualidade, o que não foi observado nesse trabalho, uma vez que os valores de correlação foram negativos e não significativos.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 são apresentados os mapas de variabilidade espacial para a qualidade global, Banda R, reflectância e Grau Brix dos frutos, respectivamente. Os mapas de qualidade evidenciam o discutido anteriormente, confirmando que a fazenda Serra do Boné apresentou em sua totalidade cafés com qualidade tida como excelente e classificados como de origem especial. Dos quatro talhões da fazenda JA\_B três deles tem cafés tidos como muito bons e classificados como premium, sendo o outro talhão classificado como excelente.

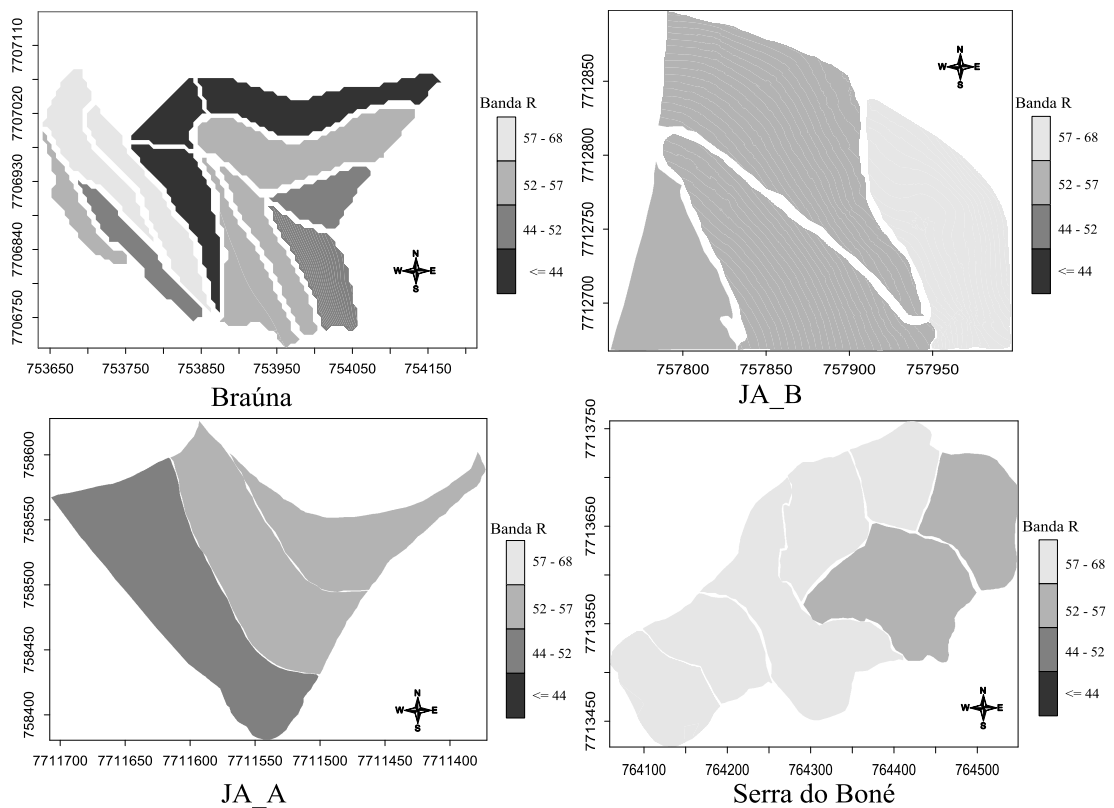


**Figura 2.** Mapas de variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade global da bebida do café cereja nas quatro fazendas.

As fazendas Braúna, JA\_A e Serra do Boné apresentaram maior variação nas notas de qualidade, sendo que a fazenda Braúna tem exemplares de cafés nas três classes propostas na escala da SCAA. Percentualmente, 25% dos talhões da fazenda produziram cafés com qualidade abaixo da especial, 33% produziram cafés com qualidade muito boa e 42% dos talhões produziram cafés excelentes.

A espacialização dos valores de Banda R mostra que a fazenda Braúna apresenta a maior variabilidade espacial para essa variável, tendo talhões dentro de todas as classes obtidas a partir da análise de agrupamentos. A magnitude da variabilidade das demais fazendas foi pequena (abrangendo duas classes), entretanto essas apresentaram diferenças quanto às classes de agrupamento. Dos três talhões da fazenda JA\_A, dois se encontram na classe três, com valores de *pixel* vermelho de 52 a 57, e um talhão se encontra na classe dois com valores variando de 44 a 52.

Na fazenda JA\_B, dos quatro talhões três encontram-se na classe três enquanto um único talhão encontra-se na classe quatro, com valores variando de 57 a 68. Para a fazenda Serra do Boné, com exceção de dois talhões que apresentaram valores de Banda R variando de 52 a 57, os demais cinco talhões apresentaram valores variando de 57 a 68. De acordo com os valores de referência obtidos a partir das amostras padrões, valores de Banda R menores que 44 representaram frutos que estão entrando em senescência passando ao estágio de passa. Dessa forma, pode-se dizer que a fazenda Braúna é a única que apresenta frutos no estágio de passa, sendo os demais ainda considerados vermelhos.



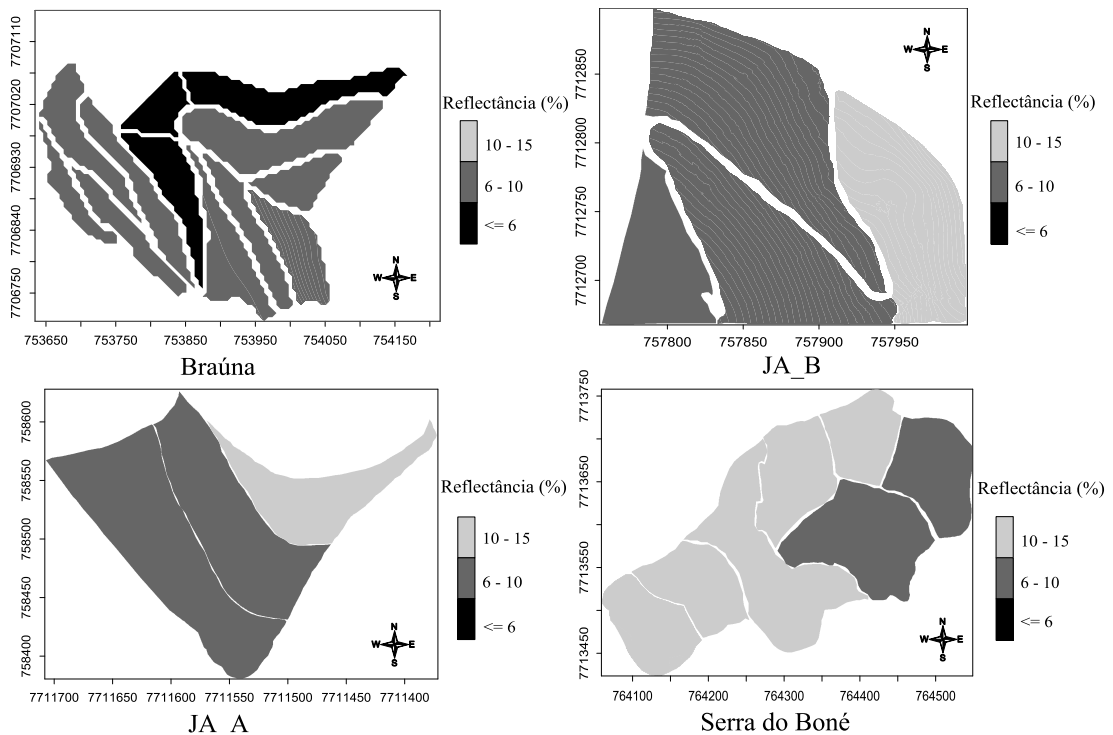
**Figura 3.** Mapas de variabilidade espacial dos valores médios da Banda R dos frutos de café cerejeira nas quatro fazendas envolvidas no estudo.

Analisando de forma conjunta os mapas das Figuras 2 e 3, constata-se que os valores de qualidade global estão intimamente relacionados aos valores de Banda R e conseqüentemente à maturação dos frutos. Talhões onde os valores de qualidade foram menores apresentaram também menores intensidades de coloração vermelha nos frutos e conseqüentemente frutos próximos ao estágio de passa.



Outro fato interessante a ser discutido é que, como os valores de referência para frutos tidos como cereja apresentaram valores para a Banda R superiores aos encontrados nesse trabalho ( $> 68$ ) e as notas de qualidade global do café foram elevadas, pode-se dizer que frutos que apresentam estádios de maturação intermediários entre o cereja imaturo e o passa são capazes de produzir cafés de qualidade superior. Com base na afirmação de Nobre et al. (2011), de que a melhor qualidade dos frutos maduros, deve-se, principalmente, ao fato dos níveis de açúcares totais, açúcares redutores e não redutores apresentarem elevadas concentrações nesse estágio, reforça a hipótese levantada na introdução de que frutos no início do estágio cereja não possuem, ainda, os níveis adequados de tais açúcares, fazendo com que o comportamento da qualidade seja também dependente do grau de maturação do próprio fruto cereja.

Essa questão se reforça quando se analisa os resultados obtidos para a reflectância dos frutos (Figura 4). Como essa não sofre influência de fontes luminosas e representa a assinatura espectral dos objetos, pode-se observar que o comportamento discutido para a Banda R se repete para essa variável, tanto em termos de distribuição espacial dos seus valores, quanto para as análises comparativas realizadas com a qualidade do café. A única fazenda que destoa dessa condição é a fazenda JA\_A onde não se observou relação entre a reflectância dos frutos e a qualidade. Conforme discutido anteriormente, esse resultado pode ser atribuído à discrepância na variação dos valores de qualidade e reflectância observada nessa fazenda, além do número reduzido de talhões. Outra hipótese que pode ser levantada após a análise de reflectância é que o resultado observado para a Banda R nessa fazenda está sendo influenciada por agentes externos ao comportamento do fenômeno, o que mascarou os resultados.

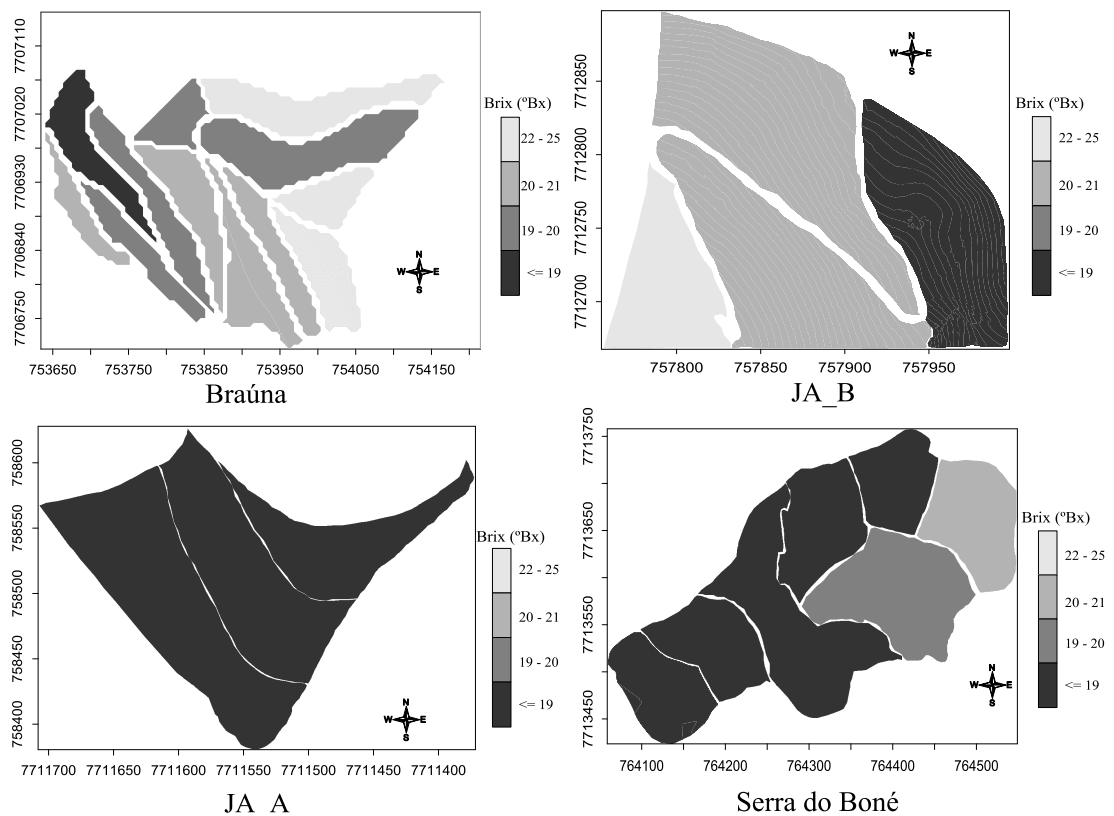


**Figura 4.** Mapas de variabilidade espacial dos valores médios de reflectância dos frutos de café cereja nas quatro fazendas em estudo.

Os resultados apresentados na Figura 4 reforçam o discutido anteriormente sobre a relação entre estágio de maturação dos frutos cereja e a qualidade global do café. Além disso, reforça a hipótese de que a fazenda Braúna é a única que apresenta frutos já no estágio de passa, uma vez que esta foi a única que apresentou talhões com valores de reflectância no vermelho inferiores a 6%. Pinto et al. (2003), utilizando um sistema de visão artificial para estimativa de teor de água de café com base na cor dos frutos, afirmam que frutos cereja apresentam valores médios de reflectância da faixa do espectro vermelho (630 a 680 nm) ao redor de 12%, enquanto que nos frutos do tipo passa, esses valores encontram-se ao redor de 5%.

No que tange aos resultados observados para o Grau Brix, o mapa de distribuição espacial deste (Figura 5), destoa significativamente do mapa de variabilidade espacial da qualidade do café, o que era esperado uma vez que os valores de correlação para essas duas variáveis não foi significativo. Uma possível justificativa para essa questão, diz respeito ao fato da forma de obtenção tanto da bebida do café quanto dos valores de Grau Brix, uma vez que este último é obtido a partir da mucilagem dos frutos enquanto que a

primeira é obtida a partir dos grãos crus, os quais foram submetidos a processamentos posteriores que tendem a alterar a composição dos açúcares dos grãos. Segundo Borém et al. (2008), durante o processo de torra de café, os açúcares reagem formando compostos desejáveis, responsáveis pela cor marrom e as características de aroma. Além disso, de acordo com Campa et al. (2004) e Barbosa et al. (2012), não existe um consenso acerca da translocação de açúcares da mucilagem para os grãos de café, apesar de haver indícios que isso ocorra.

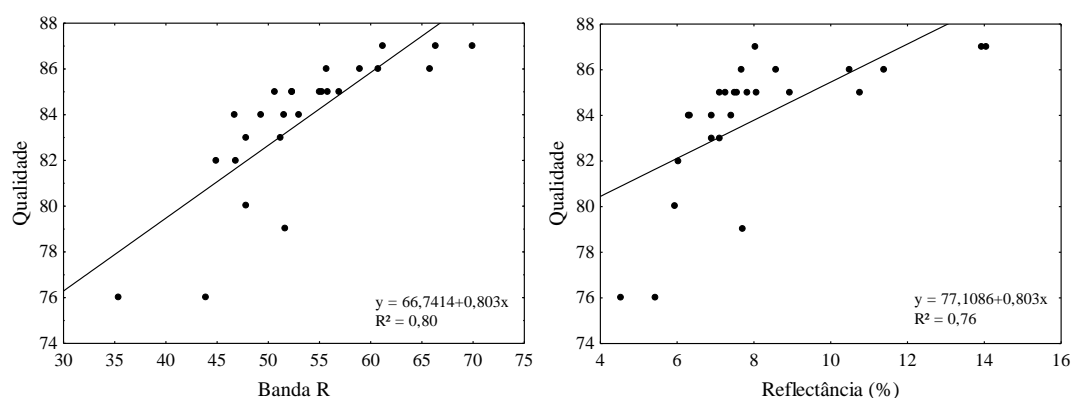


**Figura 5.** Mapas de variabilidade espacial dos valores médios de Grau Brix dos frutos de café cereja nas quatro fazendas envolvidas no estudo.

Alves (2009) relata que a relação entre a qualidade de bebida e o valor do brix pode ser mais restrita e indireta, quando comparada a outras culturas como uva, cana-de-açúcar e citrus, cujo produto final tem origem na polpa ou colmo.

Como a qualidade global do café apresentou forte correlação com os valores de Banda R e de reflectância dos frutos construíram-se, através de análise de regressão, modelos para a estimativa desta em função destes

últimos, considerando os valores de todas as fazendas. Os resultados dessa análise são apresentados na Figura 6. A opção pelo modelo linear se deve ao fato de que o intervalo de observações é crescente e a relação existente entre as variáveis é direta e proporcional, conforme análise de correlação. Regazzi (2003) afirma que o modelo de regressão linear é o mais simples de ser aplicado e interpretado e se adequa bem a situações em que o pesquisador tem conhecimento da distribuição dos dados que se deseja trabalhar.



**Figura 6.** Análise de regressão linear entre os valores de qualidade global do café e os valores médios da Banda R (a) e os valores médios de reflectância (b).

Os modelos de regressão ajustados evidenciam a relação estatisticamente significativa existente entre a qualidade global do café e a Banda R e a reflectância dos frutos. O modelo ajustado à Banda R explica 80% ( $R^2 = 0,80$ ) da variabilidade total da qualidade global do café enquanto o resíduo responde pelos 20% restantes, ou seja, as diferenças existentes entre os valores da variáveis independentes inclusa no modelo têm maior influência nas variações da produtividade, do que o resíduo, em nível de 5% de probabilidade.

No caso do modelo ajustado à reflectância dos frutos, este explica 76% da variabilidade total da qualidade global do café. Esse menor valor de coeficiente de determinação observado para esta relação se deve ao fato da ausência de correlação existente entre a reflectância para a fazenda JA\_A e a qualidade do café na mesma. Entretanto, de forma geral os valores observados são satisfatórios e respaldam a utilização de qualquer uma

dessas medidas para a estimativa da qualidade do café nas fazendas em estudo.

Os resultados obtidos nesse trabalho abrem as portas para novas avaliações, principalmente para a geração de intervalos de Banda R e reflectância e as qualidades esperadas em função destes, assim como a geração de sistemas de visão artificial. Para tal, seria interessante utilizar diferentes estádios de maturação dos frutos, incluindo frutos verdes e passa e também diferentes estádios de maturação dos próprios frutos cereja.

## CONCLUSÕES

A qualidade global do café apresentou correlação elevada e significativa com os valores de Banda R e reflectância dos frutos cereja e conseqüentemente com o estágio de maturação dos mesmos.

Os valores de Grau Brix não apresentaram correlação significativa com a qualidade global do café, com mapas de distribuição espacial destoantes, não sendo recomendado, para a situação em questão, a sua utilização.

É possível utilizar os valores de Banda R e de reflectância dos frutos cereja para a estimativa dos valores de qualidade global do café, sendo viável a adoção de um sistema simplificado dotado de uma câmera digital colorida para aquisição das imagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGÉLICO, C.L.; PIMENTA, C.J.; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S.J.R.; PEREIRA, M.C.; CHALFOUN, Y. Diferentes estádios de maturação e tempos de ensacamento sobre a qualidade do café. **Coffee Science**, v. 6, n. 1, p. 8-19, 2011.

ARRUDA, N.P.; HOVELL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Discriminação entre estádios de maturação e tipos de processamento de pós-colheita de cafés arábica por microextração em fase sólida e análise de componentes principais. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 819-824, 2011.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; CUNHA, S.A.R.; CORREA, T.B.S.; RODRIGUES, H.R. Identificação de impurezas e misturas em pó de café por meio de comportamento espectral e análise de imagens digitais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 211-216, 2002.

BARBOSA, J.N.; BOREM, F.M.; CIRILLO, M.A.; MALTA, M.R.; ALVARENGA, A.A.; ALVES, H.M.R. Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.

BORÉM, F.M.; CORADI, P.C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R. **Secagem** In: BORÉM, F. M.; REINATO, C.H.R. (Eds). Pós-Colheita do café, Universidade Federal de Lavras/FAEPE, Lavras, 2004, v.1, p. 66-94.

BORGES, F.B.; JORGE, J.T.; NORONHA, R. Influência da idade da planta e da maturação dos frutos no momento da colheita na qualidade do café. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 158-163, 2002.

BRAMLEY, R.G.V.; HAMILTON, R.P. Understanding variability in winegrape production systems. 1. Within vineyard variation in yield over several vintages. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 10, p. 32–45, 2004.

CAMPA, C.; BLLESTER, J. F.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, v. 88, p. 39-43, 2004.

FAGAN, E.B.; SOUZA, C.H.E.; PEREIRA, N.M.B.; MACHADO, V.J. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea sp*) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.

GAY, P.; BERRUTO, R.; PICCAROLO, P. Fruit Color Assessment for Quality Grading Purposes. p. 1-9, 2002. In: ASAE Annual International Meeting/

CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE. Chicago, Illinois , USA, 2002.

GUIMARÃES, G.C.; ROSA, S.D.V.F.; FREIRE, A.I.; CHAVES, A.R.C.S.; PINTO, R.S.R. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café por meio de imagens digitalizadas. 2011. **In:** VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Araxá-MG, 2011, p. 1-4.

LEROY, T.; RIBEYRE, F.; BERTRAND, B.; CHARMETANT, P.; DUFOUR, M.; MONTAGNON, C.; MARRACCINI, P.; POT, D. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006.

MEGGIO, F.; TEJADA, P.J.Z.; NÚÑEZ, L.C.; CANTÓ, G.S; GONZÁLEZ, M.R.; MARTÍN, P. Grape quality assessment in vineyards affected by iron deficiency chlorosis using narrow-band physiological remote sensing indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 9, p. 1968-1986, 2010.

NOBRE, G.W. **Processamento e qualidade de frutos verdes de café arábica**. 2009. 97f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras.

NOBRE, G.W.; BORÉM, F.M.; ISQUIERDO, E.P.; PEREIRA, R.G.F.A.; OLIVEIRA, P.D. Composição química de frutos imaturos de café arábica (*Coffea arabica* L.) processados por via seca e via úmida. **Coffee Science**, v. 6, n. 2, p. 107-113, 2011.

PINTO, F.A.C.; CORRÊA, P.C.; QUEIROZ, D.M.; OLIVEIRA, A.S.C. Utilização de um sistema de visão artificial para estimativa do teor de umidade de frutos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 6, p. 30-36, 2003.

PINTO, N.A.V.D.; FERNANDES, S.M.; PIRES, T.C.; PEREIRA, R.G.F.A.; CARVALHO, V.D. Avaliação dos polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.3, p.193-195, 2001.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.

RIOS, O.G.; QUIROZ, M.L.S.; BOULANGER, R.; BAREL, M.; GUYOT, B.; GUIRAUD, J.P.; GALINDO, S.C. Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 4, p. 289-296, 2007.

SCAA - Specialty Coffee Association of America. Protocolo para análise sensorial de café - Metodologia SCAA. **SCAA Cupping Protocols**. Doc. 5. December, 2008. 13 p.

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

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; ALVES, A.I. Estudo espacial do rendimento de grãos e porcentagem de casca de duas variedades de *Coffea arabica* L. visando a produção de café de qualidade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 558-565, 2010.

YOON H. S.; HILL D. F.; BALACHANDAR S.; ADRIAN R. J.; HA M. Y. Reynolds number scaling of flow in a Rushton turbine stirred tank. Part I— Mean flow, circular jet and tip vortex scaling, **Chemical engineering science**, v. 60, n. 12, p. 3169-3183, 2005.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES GERAIS

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e delimitar diferentes *terroirs* de produção de café no município de Araponga – MG, definindo a influência das variáveis que compõem os *terroirs* sobre os padrões de qualidade obtidos nestes. Objetivou-se também, através da informação colorimétrica e do teor de sólidos solúveis dos grãos cereja, definir e avaliar meios para inferir sobre o padrão sensorial do café e orientar o momento de colheita dos frutos para obtenção da máxima qualidade de bebida.

O estudo foi dividido em três partes, em que na primeira foi realizada a caracterização e delimitação dos *terroirs* de produção de café com base nos valores de qualidade global e das características sensoriais da bebida, como doçura, sabor, acidez, corpo e equilíbrio. Na segunda parte foi analisado o efeito das variáveis climáticas, topográficas e de solo sobre os *terroirs* e também sobre a qualidade sensorial do café. Na terceira parte utilizou-se sistemas de visão artificial para estimativa da qualidade da bebida com café, utilizando para isso as características colorimétricas e os teores de sólidos solúveis (Grau Brix) dos frutos cereja.

Com base nos estudos desenvolvidos pode-se concluir que:

O estudo foi eficiente em implantar a metodologia do *terroir* para a cafeicultura de montanha e permitiu diferenciar os cafés em função dos seus locais de produção, concluindo que o município de Araponga – MG possui mais de um *terroir* de produção de café e que exercem influência singular sobre a qualidade dos cafés colhidos tornando-os diferenciáveis.

Os *terroirs* de produção de café do município de Araponga – MG são diferenciáveis em função da doçura e do equilíbrio da bebida, sendo que o *terroir* de maior altitude apresenta cafés mais adocicados quando comparado ao *terroir* de menor altitude.

A posição e a altitude do local de produção, somado às características climáticas, principalmente temperatura e fotoperíodo, são as principais variáveis que influenciam a qualidade do café e os *terroirs* de produção, sendo a qualidade dependente do *terroir*, e este, por sua vez, da altitude e da posição da lavoura.

A qualidade global do café é altamente correlacionada com os valores de reflectância dos frutos cereja e também com os valores dos *pixels* das imagens digitais na banda do vermelho.

Não existe uma relação direta e irrestrita dos valores de Grau Brix com a qualidade global do café, o que inviabiliza a sua utilização para a estimativa dos valores desta.

É possível utilizar as informações colorimétricas dos frutos cereja para a estimativa dos valores de qualidade global do café, sendo viável a adoção de um sistema simplificado dotado de uma câmera digital colorida para aquisição das imagens.

## **ANEXOS**

## Anexo A

São apresentados nas figuras 1A, 2A, 3A e 4A, as imagens digitais dos frutos de café das quatro fazendas envolvidas no estudo, utilizadas na análise cromática.

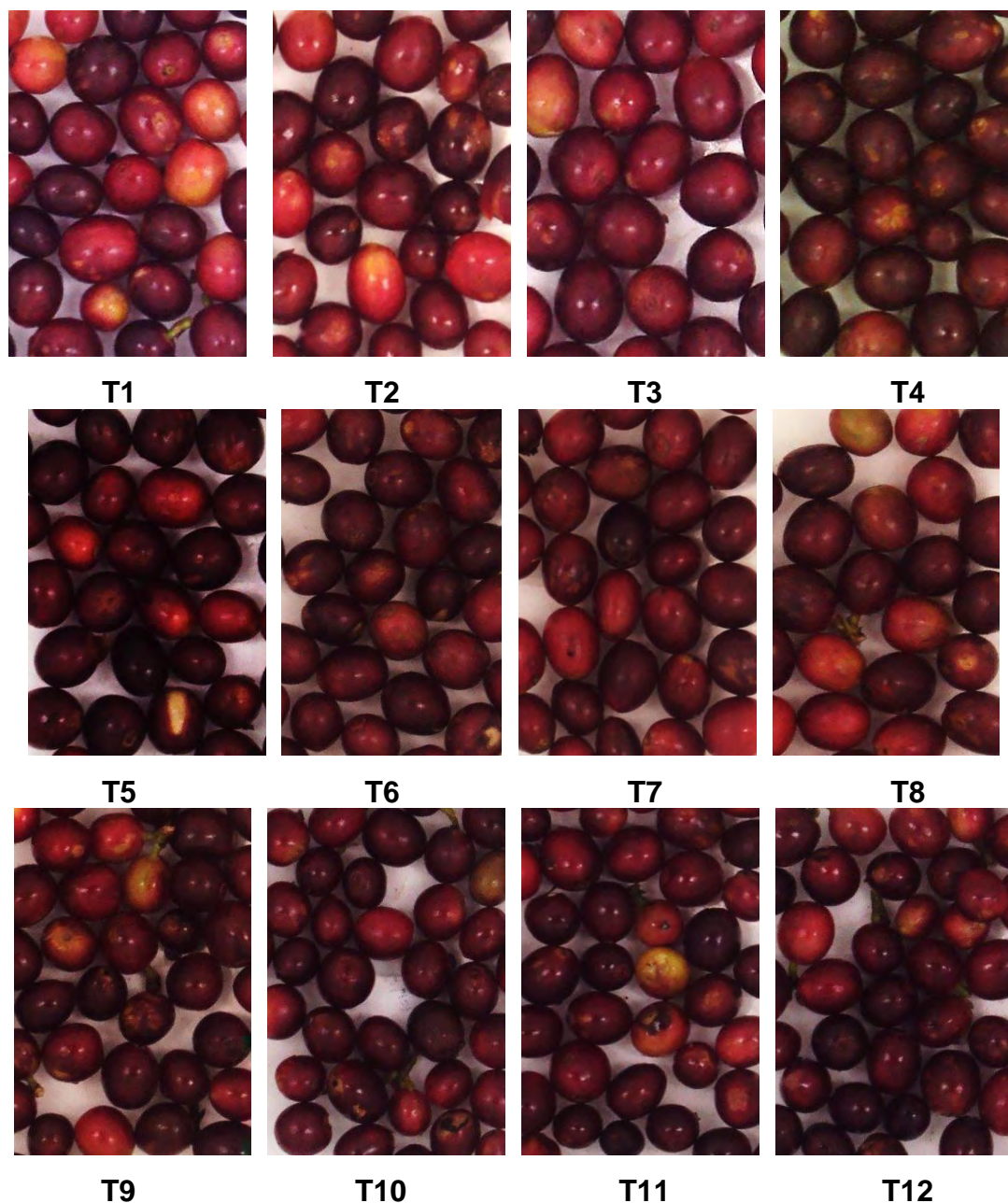


Figura 1A. Imagens digitais para os doze talhões (T) da fazenda Braúna e utilizadas para a definição do valor de Banda R.



**T1**

**T2**

**T3**

**T4**

Figura 2A. Imagens digitais para os quatro talhões (T) da fazenda JA\_B e utilizadas para a definição do valor de Banda R.



**T1**

**T2**

**T3**

Figura 3A. Imagens digitais para os três talhões (T) da fazenda JA\_A e utilizadas para a definição do valor de Banda R.

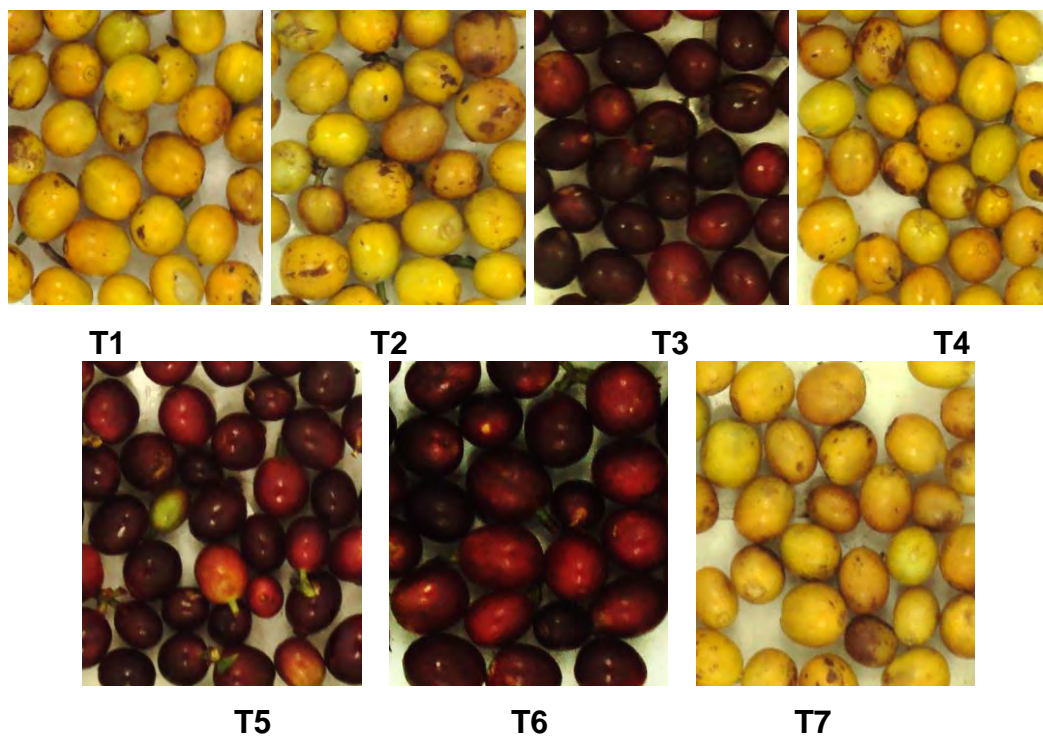


Figura 4A. Imagens digitais para os sete talhões (T) da fazenda Serra do Boné e utilizadas para a definição do valor de Banda R.

## Anexo B

São apresentados nas figuras 1B, 2B, 3B e 4B, as curvas espectrais dos frutos de café das quatro fazendas envolvidas no estudo, utilizadas na análise cromática.

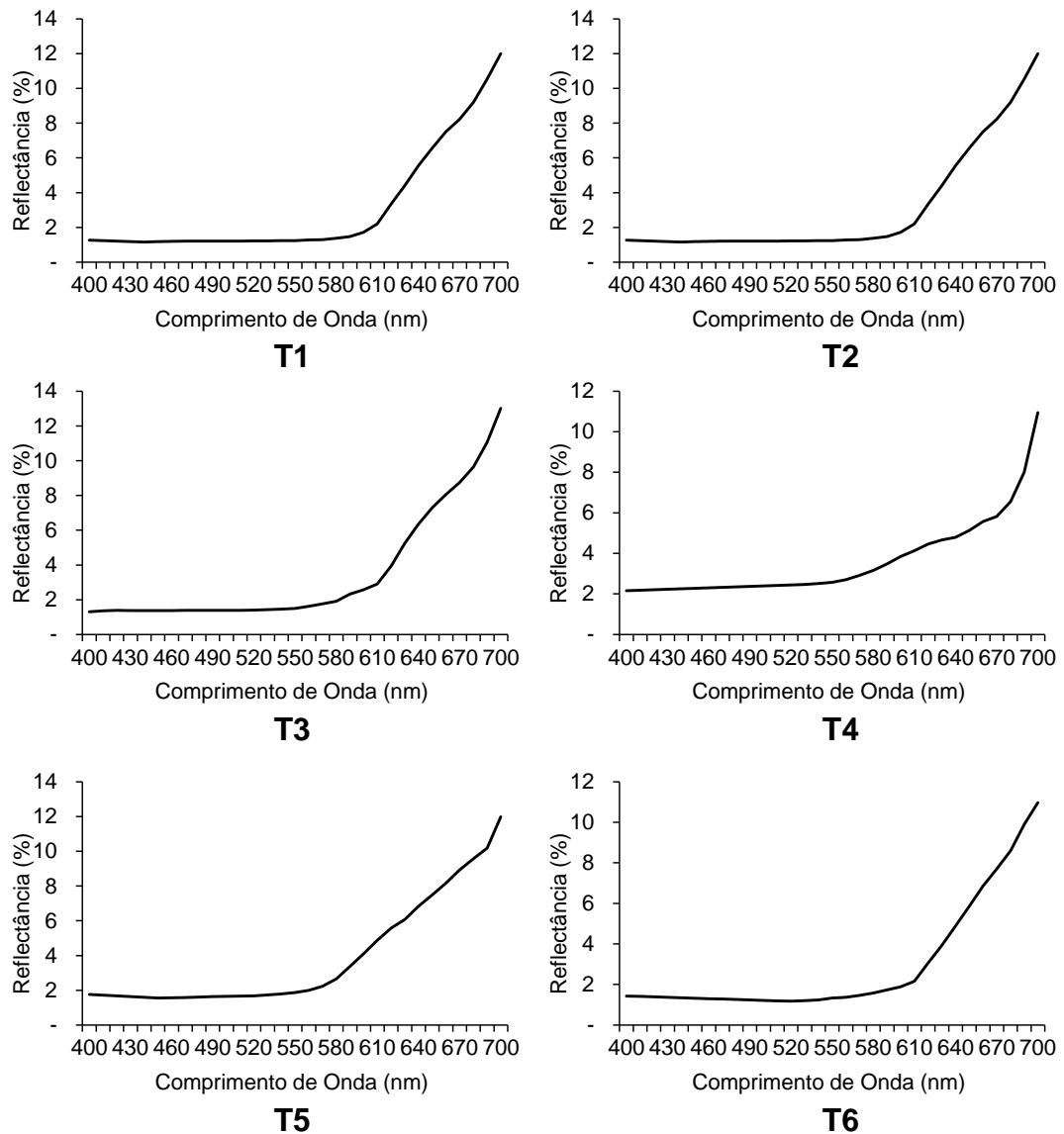
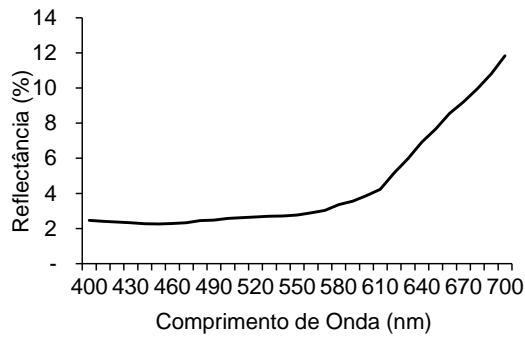
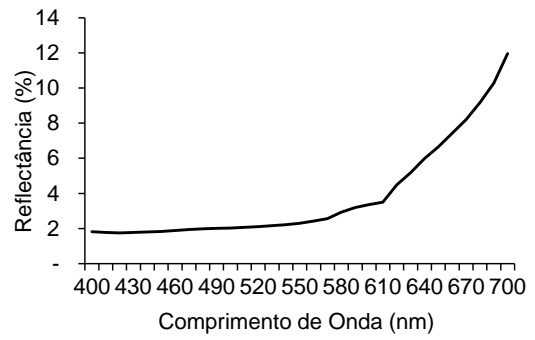


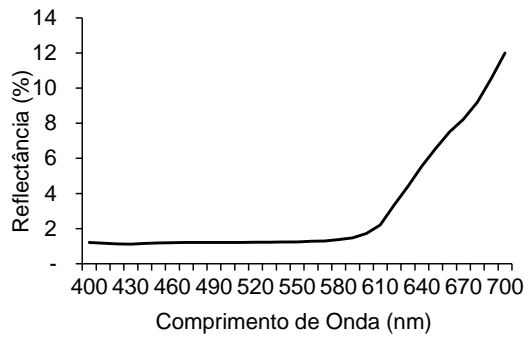
Figura 1B. Curvas espectrais para os doze talhões (T) da fazenda Braúna utilizadas para a definição do valor de reflectância no vermelho dos frutos cereja.



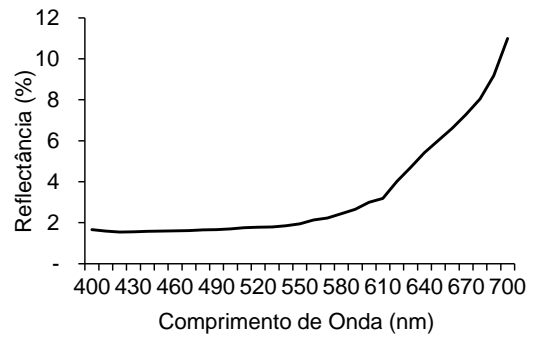
**T7**



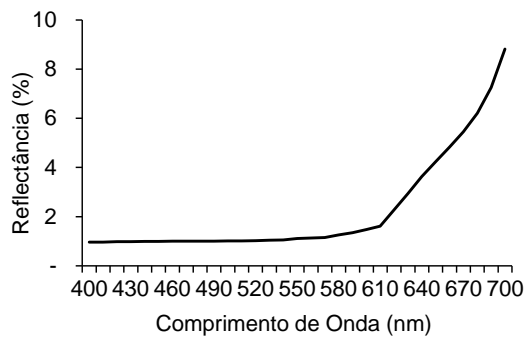
**T8**



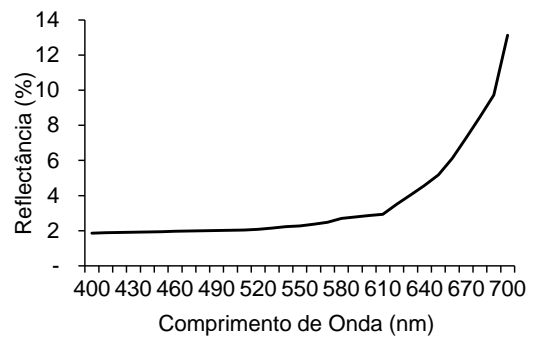
**T9**



**T10**



**T11**



**T12**

Figura 1B (Continuação). Curvas espectrais para os doze talhões (T) da fazenda Braúna utilizadas para a definição do valor de reflectância no vermelho dos frutos cereja.



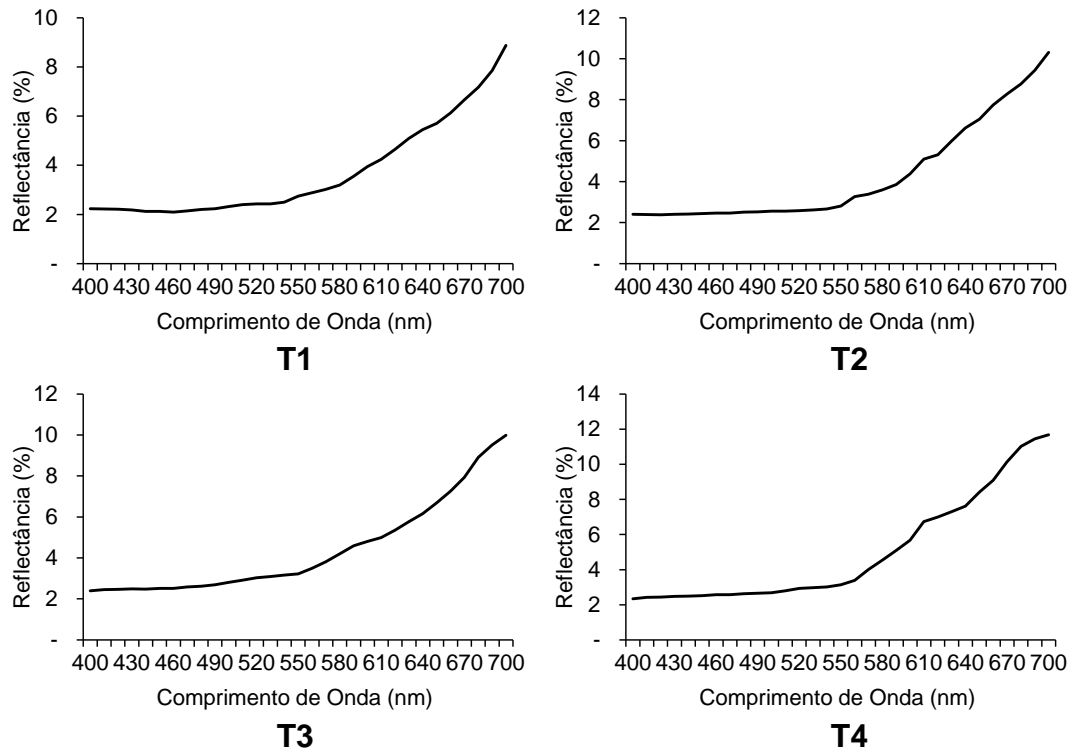
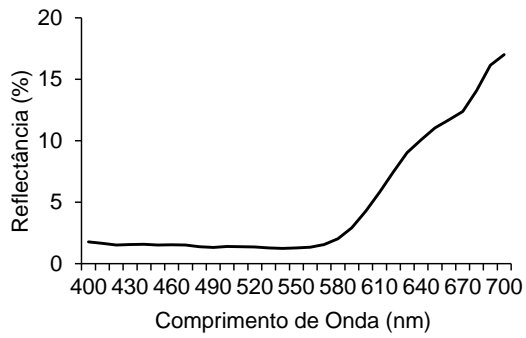
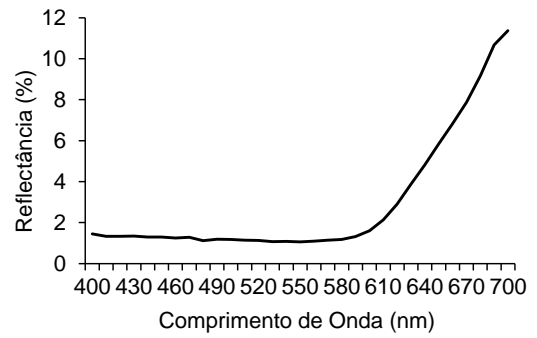


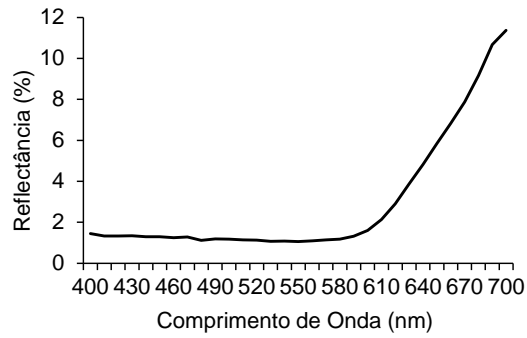
Figura 2B. Curvas espectrais para os quatro talhões (T) da fazenda JA\_B utilizadas para a definição do valor de reflectância no vermelho dos frutos cereja.



**T1**



**T2**



**T3**

Figura 3B. Curvas espectrais para os três talhões (T) da fazenda JA\_A utilizadas para a definição do valor de reflectância no vermelho dos frutos cereja.

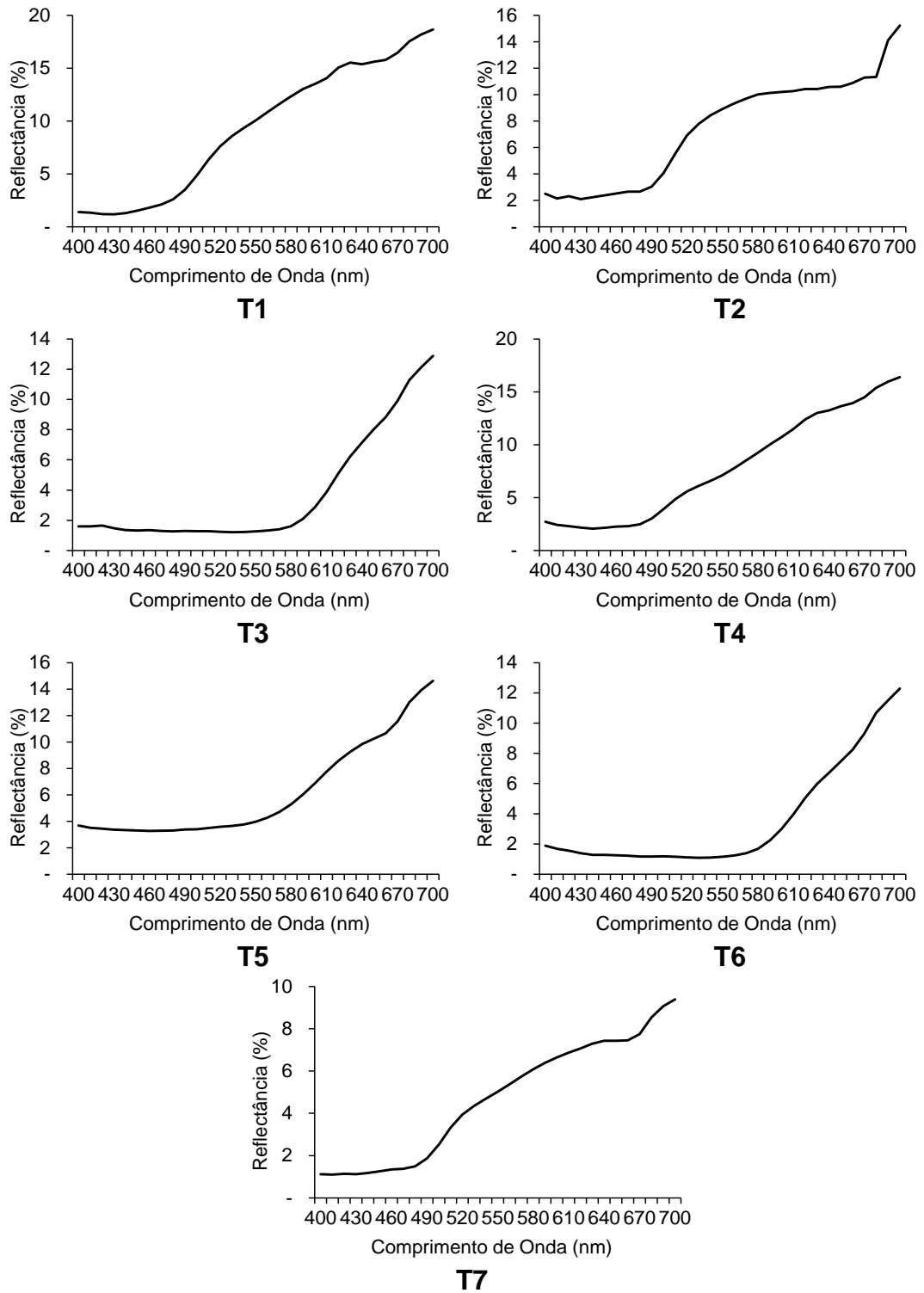


Figura 4B. Curvas espectrais para os sete talhões (T) da fazenda JA\_A utilizadas para a definição do valor de reflectância no vermelho dos frutos cereja.