

ENRIQUE ANASTÁCIO ALVES

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DO CAFÉ CEREJA
PRODUZIDO NA REGIÃO DAS SERRAS DE MINAS

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
2009

ENRIQUE ANASTÁCIO ALVES

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DO
CAFÉ CEREJA PRODUZIDO NA REGIÃO DAS SERRAS DE MINAS**

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: 27 de fevereiro de 2009.

Dra. Mirian Therezinha Souza da Eira

Prof^a. Leda Rita D'Antonino Faroni

Prof. Nerilson Terra Santos
(Co-orientador)

Prof. Arnaldo Chaer Borges

Prof. Daniel Marçal de Queiroz
(Orientador)

“Quanto mais nos elevamos, menores parecemos aos olhos daqueles que não sabem voar.”

Friedrich Nietzsche

A meus pais e irmãos, pelo apoio em todos os momentos
Aos meus avós (*in memoriam*) e tios, pela amizade e torcida
incondicionais. Aos meus amigos verdadeiros

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

Aos proprietários da Fazenda Braúna e do Sítio Jatobá, pela amizade e disponibilização das propriedades e sua estrutura para execução do trabalho de pesquisa.

Ao professor Daniel Marçal de Queiroz, pela orientação e valiosos conselhos durante o trabalho, também pela amizade e exemplo de profissionalismo.

Ao professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pela co-orientação, pela dedicação e apoio à realização deste trabalho e, sobretudo, pela amizade.

Aos professores Nerilson Terra Santos e Marcelo Ehlers Loureiro pela amizade, conselhos e disponibilidade em ajudar durante todo o trabalho.

A todos os professores e funcionários do departamento de Engenharia Agrícola pela torcida, amizade e cooperação em todos os momentos.

Aos amigos Joseph Khoury Kalil Júnior e Darly Geraldo Sena Júnior, Rodrigo Sinaidi Zandonadi, Leidy Zulys Rafull, Cristiano Márcio de Souza.

Aos colegas do Laboratório de Mecanização Agrícola Buda, Alisson, Mário, Gislaine, Sebastião Eudes, Douglas Denilson, Elder, Murilo, Leonardo, Francelino, Geice, João Cleber, Paulinha, Kelisson, Alcir, Renato, Antônio, Ronaldo, Wagner, Peixe, Walter, Willian Weverson, Serjão, Amanda, André, Marcos (barba), Ariston, Frederico, Danilo e Lorena pelo apoio, coleguismo e amizade.

Às eternas joselitas Kátia, Fabiane e Andreia (e Giovani). Às minhas amigas desde os tempos de graduação, Klécia, Vanderleia e Christiane, pela amizade contínua.

À minha grande amiga Josi pela amizade, pelos conselhos e pela sabedoria de boa ouvinte.

À Selma, pela amizade sincera, companheirismo e ajuda incondicional nos instantes mais difíceis, sem contar os momentos em que foi obrigada a ler minha tese várias e várias vezes.

À Professora Ângela Stringheta pela amizade, orientação, conselhos e críticas importantes.

Aos engenheiros agrônomos Bruno Maciel, Guilherme Damasceno e Vinicius Carrijo pela ajuda em varias etapas do trabalho e pela amizade.

Aos “Los cafeteros” por todo empenho e amizade que tornou este trabalho possível, Jenny (subchefe), Kennedy (subsubchefe), Caetano, Danilo Shimamura, Janssen.

Aos novos estagiários Bruno, Rafael (Xuxu), Marcão, Diego (Baiano), Daniel Leite e Maurício (Mau).

À Fabíola por preservar a nossa grande amizade desde os tempos de Coluni.

Ianne, obrigado por encher o meu ego a todo momento e pelas constantes lições de inglês.

À Gaby, pelos momentos importantes de amizade, afeto e carinho. Aos amigos, JP, CB e Lucas pela amizade incondicional.

Em especial, aos meus pais Almiro e Maria Aparecida, aos meus irmãos Eveline (e Eduardo), Michelle, Júnior e Tia Preta, pelo estímulo, pela compreensão e apoio nos momentos difíceis. Aos meus avós, que sempre torceram por mim e acreditaram no meu sucesso. Aos meus tios e primos.

A toda minha segunda família, na pessoa da minha mãe adotiva Maria José pelo convívio, conselhos, paciência e amizade.

Meus sinceros agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ENRIQUE ANASTÁCIO ALVES, filho de Maria Aparecida Silva Alves e Almiro Alves Filho, nasceu no dia de 21 de Janeiro de 1978 em Viçosa, MG.

Em março de 2003, concluiu o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2003, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2005.

Em fevereiro de 2005, 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 Março de 2009.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	5
1.3. JUSTIFICATIVAS.....	6
1.4. DISPOSIÇÃO DO TRABALHO	7
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO 2 – VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DOS VALORES DE GRAU BRIX E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE BEBIDA	10
2.1. INTRODUÇÃO	10
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
<i>Coleta de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida e valores de grau brix</i>	14
<i>Caracterização climática</i>	16
<i>Análise de agrupamento e geração de mapas</i>	17
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
2.4. CONCLUSÕES	38
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPÍTULO 3 – VARIABILIDADE DOS VALORES DE GRAU BRIX DURANTE A COLHEITA E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE BEBIDA	43
3.1. INTRODUÇÃO	43
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
<i>Coleta de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida e valores de grau brix</i>	47
<i>Análises dos dados</i>	49
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4. CONCLUSÕES	54

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
CAPÍTULO 4 – VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DE BEBIDA DO CAFÉ	57
4.1. INTRODUÇÃO.....	57
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
<i>Amostragem dos frutos e determinação da qualidade</i>	59
<i>Caracterização climática</i>	60
<i>Geração dos mapas temáticos</i>	61
<i>Estudo da relação espacial da qualidade</i>	62
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.4. CONCLUSÕES	85
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
CAPÍTULO 5 – CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DE BEBIDA, GRAU BRUX, “STATUS” NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE E MATURAÇÃO, EM UMA LAVOURA DE CAFÉ SOB PIVÔ CENTRAL.....	87
5.1. INTRODUÇÃO.....	87
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
<i>Métodos de amostragem</i>	91
<i>Determinação dos índices DRIS e do IBNm das plantas de café</i>	92
<i>Determinação da produção por planta e maturação dos frutos</i>	93
<i>Grau brix dos frutos cereja</i>	94
<i>Processamento das amostras de frutos cereja</i>	94
<i>Testes de qualidade de bebida</i>	94
<i>Análise dos dados</i>	95
<i>Geração de mapas</i>	97
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
5.4. CONCLUSÕES	114
5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
CAPÍTULO 6 – RESUMO E CONCLUSÕES	119

RESUMO

ALVES, Enrique Anastácio, D.Sc, Universidade Federal de Viçosa, março de 2009. **Análise da variabilidade espacial e temporal da qualidade do café cereja produzido em região de montanha.** Orientador: Daniel Marçal de Queiroz. Co-orientadores: Francisco de Assis de Carvalho Pinto, Nerilson Terra Santos e Marcelo Ehlers Loureiro.

A qualidade do café dentro de um talhão pode variar temporal e espacialmente devido a variações dos atributos do solo, do “status” nutricional, das condições climáticas e da forma como as operações agrícolas são conduzidas. O conhecimento da variabilidade da qualidade pode auxiliar na tomada de decisão em sistemas de produção de café, uma vez que o preço do produto é influenciado pela sua qualidade. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a variabilidade espacial e temporal da qualidade de bebida do café de montanha, colhido no estágio cereja, e gerar mapas temáticos dos níveis de qualidade obtidos selecionando as áreas com características interessantes à produção de cafés especiais. Pode-se concluir que, na safra 2006/2007, 95% dos talhões que obtiveram notas de qualidade de bebida superior a 80 pertencem às classes com valores acima de 20 graus brix. Os valores de grau brix e as notas de qualidade de bebida do início e fim da safra em 2006/2007 foram significativamente diferentes pelo teste t para dados pareados a 5%. Além da variabilidade espacial existe uma variabilidade temporal da qualidade de bebida, sendo que, 86% dos talhões com qualidade média maior ou igual a 80 estavam nas áreas de coeficiente de variação menor que 4%, indicando que os talhões com qualidade especial tiveram menor variabilidade temporal. Para o índice de dependência espacial (IDE), as variáveis de índices Dris, com exceção para zinco e cálcio com IDEs respectivos de 1,00 e 0,84 (fortes), todas as demais variáveis de “status” nutricional apresentaram dependência espacial moderada. A percentagem de frutos verdes apresentou dependência espacial forte, enquanto que a percentagem de frutos maduros teve dependência fraca com IDE de 0,22. As percentagens de frutos verdolengos e passas apresentaram dependência

moderada, com IDEs respectivos de 0,66 e 0,70; para o teor de sólidos solúveis, brix dos frutos, houve uma moderada dependência espacial (0,33), enquanto que, para a qualidade de bebida do café ocorreu uma distribuição aleatória caracterizada pelo efeito pepita puro.

ABSTRACT

ALVES, Enrique Anastácio, D.Sc, Universidade federal de Viçosa, february 2009.
Analysis of spatial and temporal variability of the coffee cherries produced in mountainous region. Adviser: Daniel Marçal de Queiroz. Co-advisers: Francisco de Assis de Carvalho Pinto, Nerilson Terra Santos and Marcelo Ehlers Loureiro.

The quality of agricultural products within a plot can vary temporally and spatially due to variation of soil attributes, weather conditions and the way the agricultural operations are conducted. The knowledge about the variability of the quality in the field can help with the decision making process in coffee production systems, since the price of the product is primarily determined by its quality. In this context, precision agriculture based on the management of production factors in the field can be an important tool in the quest for excellence in coffee production. This work was developed to analyze the spatial and temporal variability of mountain coffee quality harvested at the cherry stage, and to generate thematic maps displaying the quality levels obtained by selecting the areas with optimal features for gourmet coffee production. The research was conducted at the Agricultural Engineering Department of the Federal University of Viçosa and at two coffee (*Coffea arabica L.*) producing properties, and was divided into three stages. The first stage was based on the study of the spatial and temporal variability of soluble solids content (Brix) in the mature fruits (cherries) and their relation with beverage quality. In the second stage, thematic maps were generated using the quality scores of the beverage obtained during five consecutive seasons at the same property (2003/2004 to 2007/2008). From these maps, the autocorrelation study, or quality spatial arrangement, was conducted using Moran's Spatial Autocorrelation Index. In the third stage, using geostatistical and cluster analysis, the spatial beverage quality, brix grades of the fruits, nutritional status (DRIS and SPAD indexes) such as productivity and maturation, were each identified and characterized in a coffee plantation under pivot. It could be concluded that in the 2006/2007 season, 95% of the plots which obtained beverage quality scores above

80 belonged to the classes with brix grades above 20. The brix grade values and the beverage quality scores from the season from the beginning and end of the 2006/2007 season were significantly different by the t-test for paired data at 5%. In addition to spatial variability, there is also temporal variability of the coffee's quality since 86% of the plots with average beverage quality greater or equal to 80 were in the areas with a coefficient of variation less than 4%, indicating that the plots with special quality had lower temporal variability. For the Spatial Dependence Index (SDI), the DRIS Index Variables, with the exception of zinc and calcium with SDI's of 1.00 and 0.84 (both strong), respectively, all other nutritional "status" variables showed moderate spatial dependence. The percentage of immature fruits presented a strong spatial dependence, while the percentage of mature fruits presented a weak spatial dependence with an SDI of 0.22. The percentage of under and over mature fruits presented moderate dependence, with SDI's of 0.66 and 0.70, respectively; for the soluble solids content and fruits' brix, there was a moderate spatial dependence (0.33), while for the beverage quality there was a random distribution characterized by the pure nugget effect.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

Originário das regiões montanhosas africanas da Abissínia, que atualmente compreende o sudoeste da Etiópia e do Sudão e o norte do Quênia, o café foi difundido pelo mundo, atingindo o segundo lugar entre as commodities agrícolas, mundialmente, comercializadas (CIC, 2009). O café perfaz um consumo mundial de 125 milhões de sacas. Com um parque cafeeiro de 2,35 mil hectares e produção estimada entre 36,9 e 38,8 milhões de sacas na safra 2009/2010, o Brasil é o maior produtor e exportador, bem como o segundo maior consumidor mundial de café. Além do mais, a cultura cafeeira emprega mais de quatro milhões de trabalhadores (CONAB, 2009). Tais fatos consolidam a expressiva força econômica e importância social desta cultura.

Apesar da significativa expressão do Brasil no mercado cafeeiro mundial, o país vem enfrentado dificuldades para colocar o produto no mercado externo devido a concorrência por preço e qualidade do produto com outros países produtores. Convém notar que o café da nova safra dos países onde o ano-safra 2008/2009 começa em outubro está começando a chegar ao mercado em maiores quantidades. Neste ano-safra a produção tem sido maior em diversos países, em particular na Etiópia, na Índia e no Vietnã (OIC, 2008). Deste modo, torna-se imperativo que o Brasil procure novas estratégias comerciais e mercadológicas, para diferenciar seu produto.

O aumento da produtividade e, principalmente, a melhoria da qualidade do café têm sido o alvo perseguido pelos produtores. A crescente valorização da qualidade da bebida de *C. arabica*, traduzida por características sensoriais de aroma, sabor e acidez, é fator determinante da expansão da cafeicultura e dos investimentos em técnicas de processamento pós-colheita no Brasil. Outra variável importante na cafeicultura é a maturação, dela depende o rendimento da lavoura durante a colheita determinando o ponto de colheita dos frutos e a qualidade de bebida. Todas as características e variáveis mencionadas são

influenciadas pela genética da planta, tipo de solo, exposição da lavoura em relação ao sol nascente, localização geográfica, manejo da cultura e cuidados no processamento pós-colheita.

Estes fatores aliados à variabilidade temporal e espacial da produção, em quantidade e qualidade, dificultam a otimização e racionalização da produção, podendo torná-la pouco competitiva frente aos concorrentes externos. Em cafezais de região montanhosa, o problema torna-se maior, pois, as condições locais podem dificultar, praticamente, todas as etapas da atividade desde o plantio até a colheita, o que provocará aumento das variações diversas na lavoura, inclusive da maturação de frutos, produtividade e qualidade.

Existem estudos demonstrando que características que variam espacialmente como as microclimáticas e de relevo exercem influência sobre a qualidade de bebida do café. Segundo Guyot et al (1996); Buenaventura e Castaño (2002), áreas de maior altitude e sob sombreamento, retardam a maturação e favorecem o aumento da acidez e dos teores de açúcares nos frutos (GUYOT *et al*, 1996; BUENAVENTURA e CASTAÑO, 2002).

Cordero et al. (2008) demonstraram em seus estudos que tanto a altitude da lavoura quanto o tipo de cultivar influenciaram na densidade de bactérias endofíticas nos frutos. Estes autores indicam a possibilidade de um papel funcional dessa microbiota, como produtoras de substâncias precursoras das características sensoriais da bebida do café

Neste contexto, a agricultura de precisão, que é o manejo dos fatores de produção de forma localizada, levando-se em consideração sua variabilidade espacial e temporal, pode ser uma ferramenta importante nesta busca pela excelência na produção de café. A agricultura de precisão pode trazer inúmeros benefícios à cultura do café, pois, trata-se de uma cultura de elevada receita por área, sendo seu preço baseado na qualidade dos grãos (QUEIROZ et al., 2004). O emprego das técnicas de agricultura de precisão pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade, e até mesmo no entendimento dos fatores inerentes à mesma.

Segundo Balastreire et al. (2002), a maioria dos trabalhos sobre agricultura de precisão tem sido desenvolvida para culturas anuais, pois estas são cultivadas em extensas áreas, empregando altas doses de fertilizantes e defensivos, o que aumenta a possibilidade de viabilização econômica da agricultura de precisão. Apesar de ser uma cultura perene, o café no Brasil se enquadra nesta situação, pois é uma atividade economicamente interessante, gerando maior renda por unidade de área do que a maioria dos produtos agrícolas, possibilitando uma diversidade de tipos de processos de produção.

Com a investigação da variabilidade espacial da maturação, produtividade e qualidade do café, se torna possível levantar informações referentes ao processo de produção no campo, de forma a elucidar questionamentos concernentes à importância de alguns fatores de pré-colheita nesta variabilidade.

O primeiro passo na implementação da agricultura de precisão é a identificação da existência de variabilidade espacial e, ou temporal dos fatores de produção. A principal estratégia tem sido a elaboração de mapas, georreferenciando-se os fatores de produção (qualidade, quantidade e insumos) ao longo dos talhões e, caso exista variabilidade, definindo-se zonas de manejo, o que possibilita um tratamento diferenciado de cada zona, de acordo com suas necessidades.

Segundo Rodrigues Junior et al. (2008), as zonas de manejo são sub-regiões que apresentam uniformidade quanto às principais características que afetam a produtividade, permitindo que, dentro delas, sejam aplicadas uma mesma dosagem do insumo a ser distribuído. A definição de zonas de manejo torna mais fácil a aplicação das técnicas de agricultura de precisão, uma vez que pode-se empregar os mesmos sistemas utilizados na agricultura convencional no manejo das culturas. Tais zonas podem ser utilizadas como orientação para futuras aplicações ou mesmo correlacionadas com outros fatores inerentes a produção de café, como a qualidade de bebida e seus parâmetros determinantes de qualidade.

A confecção de mapas permite, ao produtor, a otimização no uso de insumos, seleção das melhores áreas de produção, conhecimento dos fatores com

maior influência na qualidade, além de facilitar a rastreabilidade de todo o processo produtivo. Isto porque no mercado de cafés especiais ou “Gourmets”, o consumidor busca um resultado semelhante ao encontrado no mercado de vinho, em que as características do produto e aquelas do sistema de produção, assim como os dados sobre o produtor e sua localização têm grande influência na decisão de compra.

No Brasil, alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de identificar áreas de plantio e, ou mapear a produtividade em lavouras de café (HURTADO et al., 2003; PAVÃO & LESSA, 2002; BALASTREIRE et al., 2002,). Entretanto, existem poucos trabalhos concernentes à variabilidade espacial da qualidade.

Oliveira (2003) propôs uma metodologia para mapear a variabilidade espacial da maturação dos frutos, produtividade e qualidade do café de montanha em uma propriedade cafeeira. Trabalhando em um talhão de cerca de um hectare, os autores concluíram que apesar de existir variabilidade espacial da produção o mesmo não ocorreu para a qualidade. Estes resultados indicaram a necessidade de estudar a variabilidade da qualidade de forma mais abrangente dentro de uma área comercial de forma a caracterizar como os fatores de produção que variam entre os talhões poderiam influenciar a bebida do café.

As zonas de manejo de qualidade podem ajudar o produtor a selecionar as áreas que apresentam tendência a melhor qualidade de bebida de forma que o mesmo possa interpretar os fatores que a proporcionam ou mesmo manejá-las de forma discriminada. Com a investigação da variabilidade espacial da qualidade do café, podem ser levantadas informações referentes à importância de alguns fatores de pré-colheita determinantes desta variabilidade, transmitindo tais conhecimentos ao produtor e possibilitando, ao mesmo, um gerenciamento lucrativo e responsável de sua propriedade.

O presente trabalho tem como hipótese a existência da variabilidade espacial e temporal da qualidade de bebida do café produzido a partir de frutos cereja, e que esta variabilidade tem dependência espacial e se relaciona com o teor de sólidos solúveis dos frutos.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a variabilidade espacial e temporal da qualidade de bebida do café de montanha, colhido no estádio cereja, e gerar mapas temáticos dos níveis de qualidade obtidos selecionando as áreas com características interessantes a produção de cafés especiais.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Analisar a variabilidade espacial e temporal dos valores de brix, durante duas safras, 2006/2007 e 2007/2008, e a sua relação com a qualidade de bebida, visando a utilização deste sistema para a determinação de zonas de manejo em termos de qualidade;
- determinar a forma como o teor de sólidos solúveis, medidos por meio dos valores de grau brix, variam no período de maturação dos frutos, e sua relação com a qualidade de bebida;
- obter maiores informações a respeito da distribuição espacial e temporal da qualidade de bebida do café cereja, compreendendo o seu processo de dispersão em uma mesma propriedade, durante cinco safras consecutivas (2003/2004 a 2007/2008);
- por meio das análises de geoestatística e agrupamentos, identificar e caracterizar a variabilidade espacial da qualidade de bebida do café, grau brix dos frutos, “status” nutricional (índices DRIS e SPAD), produtividade e maturação, em uma lavoura de café sob pivô central na região de Viçosa/MG.

1.3. JUSTIFICATIVAS

O Brasil é o maior produtor, exportador e segundo maior consumidor de café no mundo. O Estado de Minas Gerais possui significativa contribuição, sendo o maior produtor nacional de café. Considerando que o café é um dos poucos produtos valorizados com base em parâmetros qualitativos, e que a competitividade dos cafés brasileiros está ligada à racionalização da produção, a importância desse trabalho apóia-se na necessidade de estabelecer uma base teórica consistente com relação à distribuição espacial e temporal dos fatores de produção, com ênfase na qualidade de bebida.

Pois, conhecendo a variabilidade espacial e temporal da qualidade do café em uma área, torna-se possível levantar informações referentes ao processo de produção no campo, de forma a elucidar questionamentos concernentes à importância de alguns fatores de pré-colheita nesta variabilidade. Tais informações podem ser repassadas ao produtor, favorecendo um gerenciamento lucrativo e responsável da propriedade.

1.4. DISPOSIÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro deles, apresenta uma breve descrição dos tópicos abordados em cada capítulo.

No capítulo 2, é apresentado um estudo da variabilidade espacial e temporal dos valores de brix (teor de sólidos solúveis), durante duas safras consecutivas, e a sua relação com a qualidade de bebida. Determinou-se a variabilidade espacial do brix levantando a possibilidade de uso deste fator como uma forma de predição da qualidade do fruto, determinando zonas de manejo.

A análise de como o teor de sólidos solúveis, medidos por meio dos valores de grau brix, se modifica no período de maturação dos frutos, o seu ponto de máximo e a correlação do mesmo com a qualidade de bebida do café, é apresentada no capítulo 3. Entendendo melhor a dinâmica dos valores de brix durante o período que compreende a maturação e senescência dos frutos se pode indicar o uso do refratrômetro portátil como ferramenta para determinar o momento ideal da colheita, visando o incremento da qualidade, assim como acontece em outras culturas como uva, citrus e cana-de-açúcar.

Durante cinco safras consecutivas, avaliou-se a distribuição espacial e temporal da qualidade de bebida do café cereja, determinando quais eram os talhões que poderiam ser selecionados na propriedade como produtores de cafés especiais, ou seja, determinar a localização dos “terroir”. Esse estudo é apresentado no capítulo 4.

No capítulo 5, são apresentadas as análises de geoestatística e agrupamentos para identificar e caracterizar a variabilidade espacial da qualidade de bebida do café, grau brix dos frutos, “status” nutricional (índices DRIS e SPAD), produtividade e maturação. Os resultados apresentados caracterizaram a importância do estudo do “status” nutricional das plantas de café e como a variabilidade desse pode influenciar a produção.

Finalmente, no capítulo 6, é apresentada uma visão geral do trabalho, o qual foi exposto e descrito detalhadamente nos capítulos anteriores, bem como uma conclusão geral sobre os resultados obtidos em cada capítulo abordado neste trabalho.

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALASTREIRE, L.A.; AMARAL, J.R.; LEAL, J.C.G.; BAIO, F.H.R. **Precision Agriculture Concepts Applied to Coffee Crops**. 2º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, Viçosa, MG, 2002 – CD-rom.

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, abr.-jun. 2002.

CIC. Café no mundo. Disponível em: <http://www.cicbr.org.br/cafe-historia.php>. Acesso em: 13 de fev. 2009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4cafe08.pdf>. Acesso em: 13 de fev. 2009.

CORDERO, A. F. P., **Diversidade de bactérias endofíticas em frutos de café**, 2008. 78 f. (Tese de Doutorado em Microbiologia) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, 2008.

HURTADO, S. M. C, CARVALHO, L. M. de, FERREIRA, E. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS CAFEEIRAS ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTI-TEMPORAL DE IMAGENS DE SATELITE, DE 1997 E 1999. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003, INPE, p. 131-135.131

OIC, Organização Internacional de Café. Total production of exporting countries. Disponível em: <<http://dev.ico.org/prices/po.htm>> Acesso em: 22 de fev 2008.

OLIVEIRA, A.S.C.; **Mapeamento da Variabilidade Espacial da Produção na Cafeicultura de Montanha**. Viçosa: UFV, 2003. 102p. : il. (Tese – mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração: mecanização agrícola).

PAVÃO, F.; LESSA, M. B. Determinação da Produção de café na Região de Atuação da COCAPEC, Através da utilização de Geoprocessamento. 28º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Caxambu-MG, 2002. **Resumos...** p. 125.

QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; ZANDONADI, R. S.; EMERICH, I. N.; SENA JUNIOR, D. G. Uso de técnicas de agricultura de precisão para a cafeicultura de montanha. In: ZAMBOLIM L. (Ed.) **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa, MG. p. 77-108, 2004.

RODRIGUES JUNIOR, F. A. **Geração de zonas de manejo para cafeicultura com base em determinações usando sensor SPAD e análise foliar**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, 2008.

CAPÍTULO 2 – VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DOS VALORES DE GRAU BRIX E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE BEBIDA

2.1. INTRODUÇÃO

Com uma produção estimada em 33 milhões (30% da produção mundial), consumo de 17 milhões e exportação de 28 milhões de sacas na safra 2007/2008, o Brasil é o maior produtor e exportador, bem como o segundo maior consumidor mundial de café. Além do mais, a cadeia de produção de café emprega mais de quatro milhões de trabalhadores. Tais fatos consolidam a expressiva força econômica e importância social desta cultura para o país (ABIC, 2008).

Apesar da significativa expressão do Brasil no mercado cafeeiro mundial, o país vem enfrentado dificuldades para colocar o produto no mercado externo em razão da concorrência por preço e qualidade do produto com outros produtores. Estes fatores acarretaram uma queda na exportação de café no Brasil (PIMENTA & CHALFOUN, 2001; OIC, 2008).

Para que o agronegócio do café se mantenha competitivo no Brasil é necessário buscar medidas de racionalização da produção. A demanda mundial por produtos de qualidade diferenciada é uma oportunidade para os produtores brasileiros agregarem valor ao café e tornar o processo produtivo mais sustentável economicamente.

O café está sujeito a diversos fatores relativos ao clima, solo e a própria planta. A sua produtividade é influenciada pelo clima nos períodos referentes ao florescimento e a formação dos frutos (CAMARGO et al., 2003). Desta forma, a adoção de tecnologias como a agricultura de precisão, bem como a otimização de insumos, tem sido adotada pelo Brasil na busca de uma maior competitividade junto ao atual mercado globalizado.

O primeiro passo na implementação da agricultura de precisão é a identificação da existência de variabilidade espacial e/ou temporal dos fatores de produção. A principal estratégia tem sido a elaboração de mapas, georreferenciando-se os fatores de produção ao longo dos talhões e, caso exista

variabilidade, fazendo o manejo localizado desses fatores. Uma das formas que pode-se usar é a definição de zonas de manejo, o que possibilita um tratamento diferenciado de cada zona, de acordo com suas necessidades.

Segundo Rodrigues Junior et al. (2008), as zonas de manejo são sub-regiões que apresentam uniformidade quanto às principais características que afetam a produtividade, permitindo que, dentro delas, sejam aplicadas uma mesma dosagem do insumo a ser distribuído. A definição de zonas de manejo torna mais fácil a aplicação das técnicas de agricultura de precisão, uma vez que pode-se empregar os mesmos sistemas utilizados na agricultura convencional no manejo das culturas. Tais zonas podem ser utilizadas como orientação para futuras aplicações ou mesmo correlacionadas com outros fatores inerentes a produção de café, como a qualidade de bebida e seus parâmetros determinantes de qualidade.

Sethuramasamyraja et al. (2007). utilizaram os teor de sólidos solúveis (grau brix) e de antocianina para os frutos de uva para determinar zonas de manejo da qualidade do vinho produzido. Estes autores concluíram que existe grande potencial da análise da variabilidade espacial destas variáveis para a otimização da colheita da uva visando a produção de vinho com qualidade

Os valores de brix têm sido continuamente utilizados como indicadores de maturação e palatabilidade dos frutos, bem como do potencial da qualidade desses para a produção de produtos processados (YOON et al. 2005). BRAMLEY et al. (2004) detectaram uma correlação entre a razão de densidade de líquidos e grau brix com a qualidade do vinho produzido durante quatro safras consecutivas em áreas com três níveis de vigor vegetativo. Os autores observaram relação inversa entre o vigor vegetativo com a concentração de sólidos solúveis e a qualidade do vinho.

Na cultura do café, a leitura do teor de brix dos frutos maduros pode ser uma ferramenta interessante para a predição da qualidade de bebida, uma vez que, segundo Carvalho et al. (1989), durante o processo de torra de café, os açúcares reagem formando compostos coloridos desejáveis, responsáveis pela cor marrom e características de aroma. Pinto et al. (2001) e Leroy et al. (2006)

declaram em suas pesquisas que existe uma relação entre a qualidade de bebida do café e os teores de açúcares solúveis dos frutos e grãos.

Como a bebida do café tem origem nos grãos, a relação entre a qualidade de bebida e o valor do brix pode ser mais restrita e indireta, quando comparada aos trabalhos realizados para outras culturas como uva, cana-de-açúcar e citrus, cujo o produto final tem origem na polpa ou colmo. Então, se torna necessário determinar se os grãos originados de frutos de café com maior ou menor teor de sólidos solúveis relacionam com a qualidade final da bebida e como estes fatores variam espacialmente.

Este estudo foi realizado com o objetivo de analisar a variabilidade espacial e temporal dos valores de brix em uma propriedade produtora de café, durante duas safras consecutivas e a sua relação com a qualidade de bebida, visando a determinação de zonas de manejo em termos de qualidade.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com café cereja das safras 2006/2007 e 2007/2008 da fazenda Braúna, situada no município de Araponga, MG. A propriedade possui, aproximadamente, 86 ha cultivados com café da espécie *Coffea arabica* L. A localização do centróide da área em que foram coletadas as amostras é latitude - 20° 43' 17,5'' e longitude -42° 33' 22,6''. O relevo é montanhoso e a altitude média da área é de aproximadamente 900 m, o solo predominante é o Latossolo Vermelho Amarelo. As amostras de café foram processadas nos laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Na Figura 1 está representado um mapa do limite da fazenda Braúna com as três regiões produtoras, denominadas de 1, 2 e 3. Na safra 2006/2007, a região 1 havia sido recepada e ainda não apresentava produção de frutos, sendo assim, coletaram-se amostras de frutos cereja de 42 talhões provenientes das regiões 2 e 3, e destas amostras foram medidos os valores de grau brix dos frutos, após isto, realizado os testes de qualidade de bebida. Utilizando-se estes dados geraram-se

mapas de variabilidade espacial e por meio da análise visual destes mapas, realizou os estudos de correlação entre os valores de brix e qualidade de bebida. O mesmo trabalho foi repetido na safra 2007/2008, em 60 talhões (regiões 1, 2 e 3) gerando os mapas de variabilidade espacial de valores de brix e de qualidade que foram comparados aos da safra anterior.

Considerou-se como talhão uma area homogênea quanto às características culturais: orientação, espaçamento, idade e variedade do café, delimitada por caminhamentos ou curvas de nível.

Na Figura 2 estão representadas as regiões trabalhadas e a caracterização dos seus talhões constituintes com relação a época de plantio, numero de plantas por hectare e variedades. Conta também na Figura 3 a caracterização das regiões trabalhadas na Fazenda Braúna com relação a declividade media e altitude media e a face de orientação ao sol dos talhões constituintes

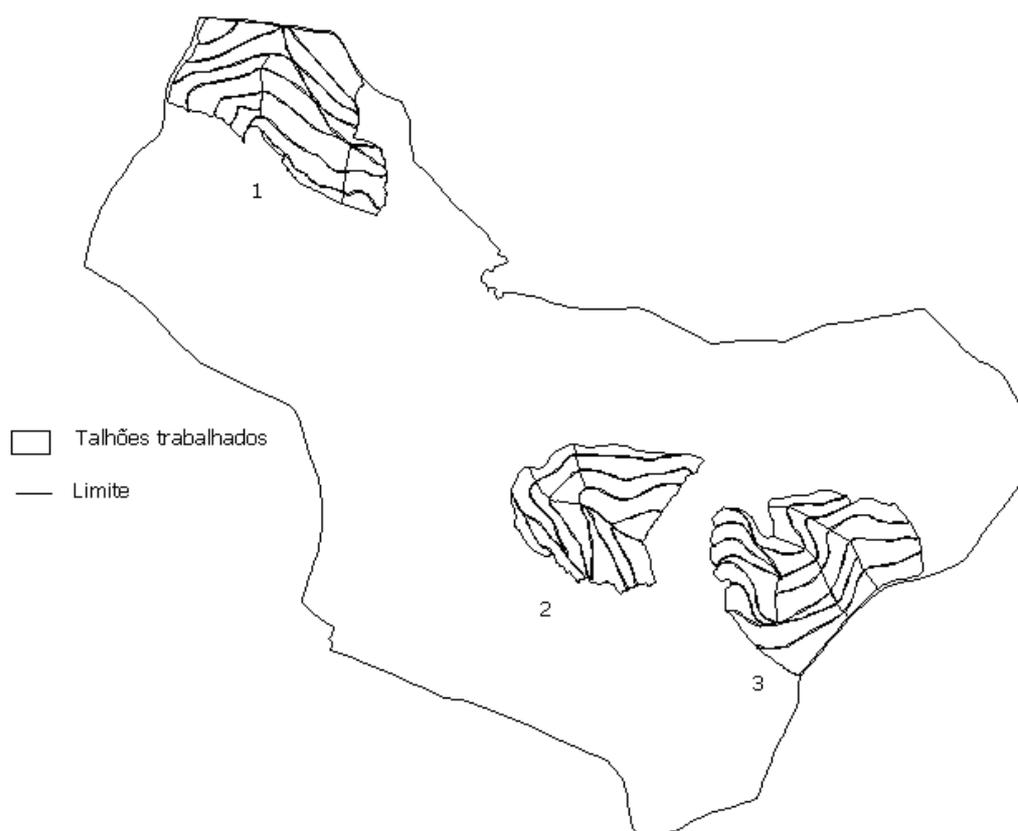


Figura 1. Representação da Fazenda Braúna com as localização das três regiões trabalhadas.

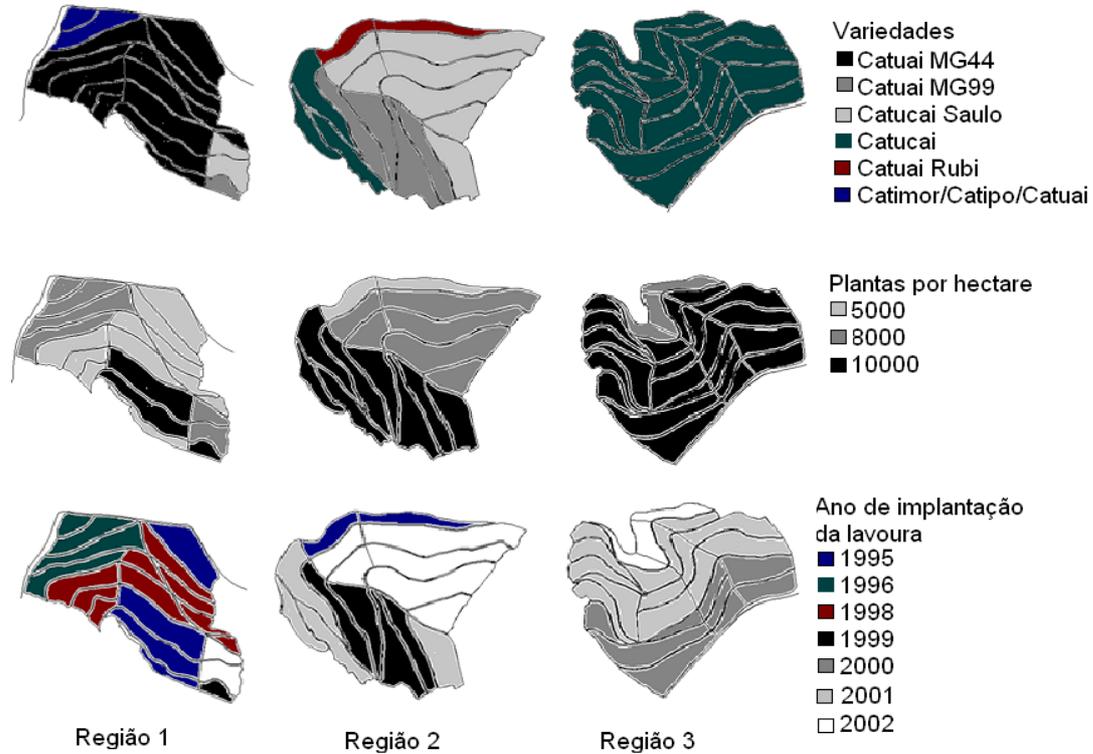


Figura 2. Caracterização cultural das regiões trabalhadas na Fazenda Braúna

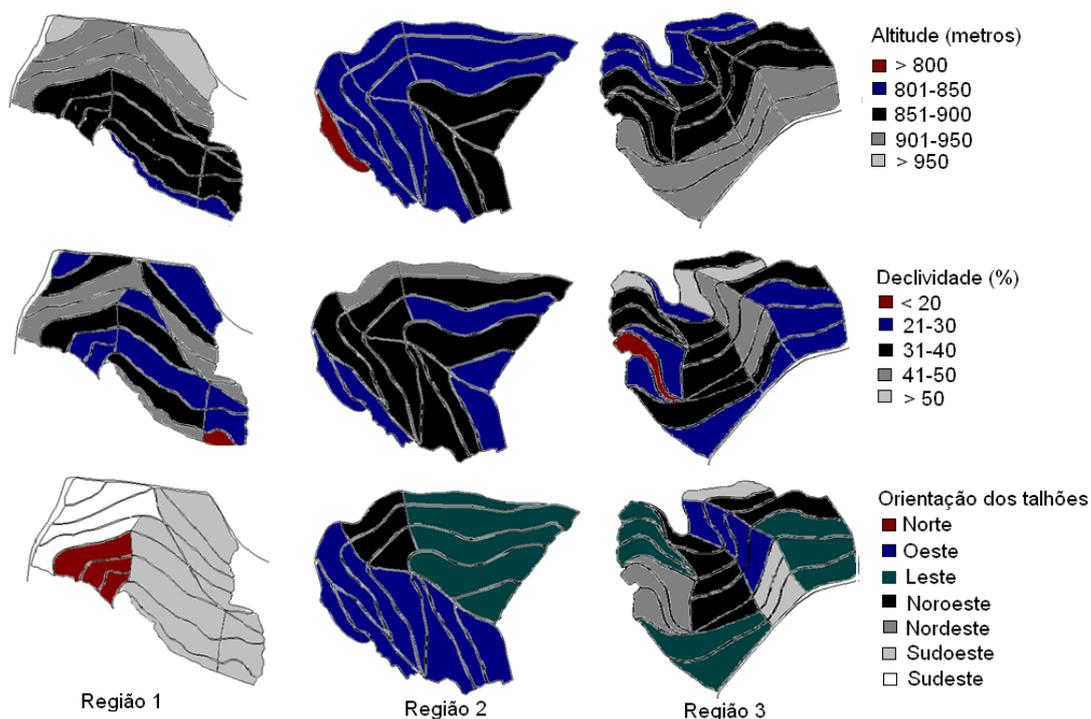


Figura 3. Caracterização das regiões trabalhadas com relação a declividade media, a altitude media e a face de orientação ao sol dos talhoes.

Coleta de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida e valores de grau brix

Foram amostradas, em cada talhão, cerca de 30 plantas por hectare, de forma aleatoria. Em cada planta foram colhidos, manualmente, os frutos cereja de quatro ramos, um par em cada lado da planta, voltados para as entrelinhas. Todos os frutos coletados foram agrupados, formando uma amostra.

De cada amostra de frutos cereja, foram retirados ao acaso quinze frutos, dos quais, utilizando-se de um refratrômetro portátil, modelo PAL3, marca ATAGO, se fez a leitura do grau brix do suco obtido pela compressão dos mesmos.

Após a leitura do brix, as amostras de frutos cereja foram despulpadas, utilizando-se um despulpador manual com fluxo de água contínuo. As amostras despulpadas foram secas, artificialmente, com temperatura do ar de secagem de 40 °C, até atingirem umidade aproximada de 11 b.u. Para a secagem, utilizou-se um secador de amostras de leito fixo em bandejas, com queimador à gás. A umidade dos grãos foi monitorada, por meio do medidor digital de umidade de

cereais, marca Gehaka, modelo G800. Então, as amostras secas foram beneficiadas e acondicionadas em embalagens de papel.

O teste de bebida foi realizado por dois provadores, efetuando-se apenas uma determinação ou degustação por provador, para cada amostra. Cada amostra foi composta de três xícaras que foram analisadas quanto às características sensoriais do café com base nas regras de competição nacionais e internacionais da Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, 2004). Por elas a qualidade de bebida do café analisada quanto aos atributos aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa e este conjunto de critérios de qualidade determina o valor da nota final global de cada amostra. As amostras receberam notas que variaram de 0 a 100, sendo que as notas acima de 80 foram consideradas como cafés especiais em termos de qualidade.

Caracterização climática

Com o intuito de caracterizar o clima durante o período correspondente às duas safras foi utilizado um banco de dados da estação climatológica pertencente ao INMET, localizada na Universidade Federal de Viçosa (UFV) – MG a 20°25'S e 42°52'W e altitude de 657 m. A estação está localizada a 32 km da fazenda Braúna. Os dados utilizados para a caracterização foram a temperatura média, mínima e máxima (°C), a precipitação acumulada (mm) e a umidade do ar (%).

Para facilitar a compreensão da relação clima-brix-qualidade, os dados também foram ordenados segundo a sucessão das fases vegetativas e reprodutivas dos cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L., nas condições climáticas tropicais do Brasil (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

O ciclo fenológico, que ocorre em aproximadamente dois anos, foi subdividido em seis fases distintas: (1) vegetação e formação das gemas foliares; (2) indução e maturação das gemas florais; (3) florada; (4) granação dos frutos; (5) maturação dos frutos e (6) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. A representação gráfica deste ciclo é descrita na Figura 4.

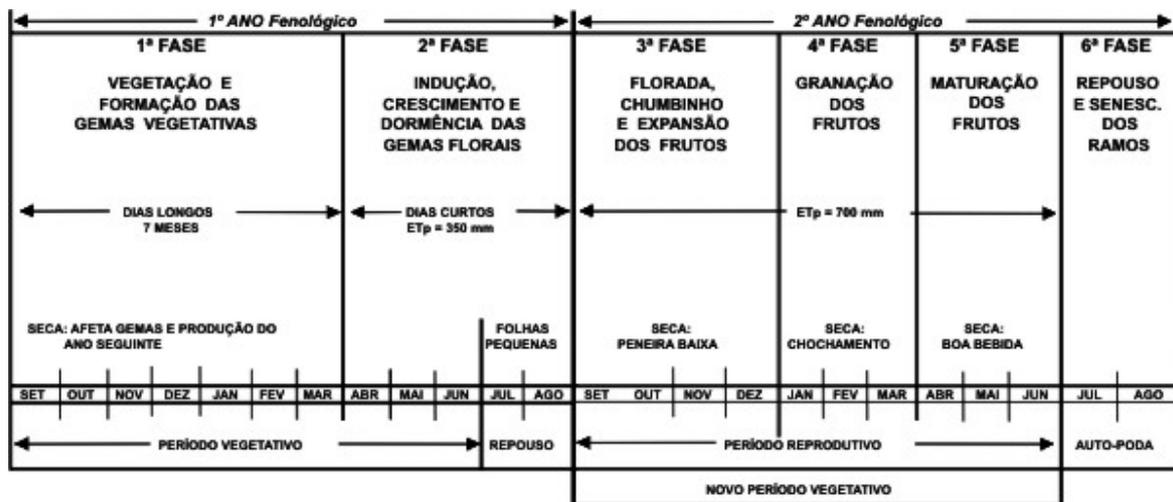


Figura 4. Esquema das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil, segundo Camargo & Camargo (2001).

Análise de agrupamento e geração de mapas

Ao contrário das notas de qualidade que já possuem classes definidas, para os valores de brix dos frutos do café ainda não existe um padrão para que os mesmos sejam classificados. Portanto, para determinar o número de classes dos valores de brix e o membro para cada uma delas foi realizada a análise de agrupamentos utilizando-se dois métodos, dendrograma e “K means”. Esta análise de agrupamento foi realizada por meio do programa computacional STATISTICA, versão 7 para as safras 2006/2007 e 2007/2008 foi realizada em duas etapas.

Na primeira etapa determinou-se por meio da análise do dendrograma o número de classes ou grupos ao qual se dividiu o conjunto de dados de grau brix. Estas determinações foram obtidas utilizando o método de “Ward” como algoritmo de agrupamento e a distância euclidiana como medida de dissimilaridade (JOHNSON & WICHERN, 1999).

Por meio da avaliação desta dissimilaridade se fez à determinação do ponto de corte, e, portanto, o número de classes ou grupos que se dividiu o conjunto de observações de graus brix. 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.

Na segunda etapa, com base no número de classes pré-estabelecido na análise do dendrograma, realizou-se a determinação dos membros constituintes de cada classe ou grupo de valores de graus brix. Isto foi determinado por meio da análise de agrupamento “K means”.

O *K-means* é uma metodologia para classificar um conjunto de dados através de um número de agrupamentos estabelecidos a priori (k grupos). Após definir os k centróides para cada grupo, o próximo passo é levar cada elemento ou ponto que pertence a um determinado grupo de dados associando-os ao centróide mais próximo. Quando nenhum ponto está pendente, o agrupamento é terminado. Neste momento é preciso recalcular os k centróides dos agrupamentos, resultando ao passo anterior (associação dos grupos de dados ao centróide mais próximo). Depois de calculados os novos k centróides, levam-se novamente cada ponto pertencente a determinado grupo aos novos centróides mais próximos calculados, sendo assim feita uma iteração. Tais iterações serão feitas a fim de estabelecer os k centróides a ponto de não se moverem mais (JOHNSON & WICHERN, 1999).

Após definidos o número de classes e os membros de cada uma para os valores de grau brix, foram gerados os mapas de variabilidade espacial da qualidade e dos valores de brix, para as safras 2006/2007 e 2007/2008. Estes mapas foram gerados utilizando-se o programa computacional ArcGis, versão 9.2. A análise de similaridade dos mapas gerados foi realizada de forma visual.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nos histogramas das Figuras 5 e 6, que os valores de brix obtidos dos frutos maduros colhidos nas safras 2006/2007 e 2007/2008 obtiveram valores não significativos, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Kolmogorof-Smirnoff, sendo portanto distribuídos de forma normal ou gaussiana. Por meio dos histogramas e dos valores descritivos notou-se que existe uma variabilidade do grau brix, e que esta se mantém nas duas safras consecutivas.

Na safra 2006/2007, as amostras provenientes de 42 talhões, apresentaram grau brix médio de 20,8, com valores entre 16,3 a 24,7 e desvio padrão de 1,7. Na safra 2007/2008, as amostras obtidas de 60 talhões, com valor médio de 20,4, variaram de 16,5 a 24,6 e desvio padrão de 2,1.

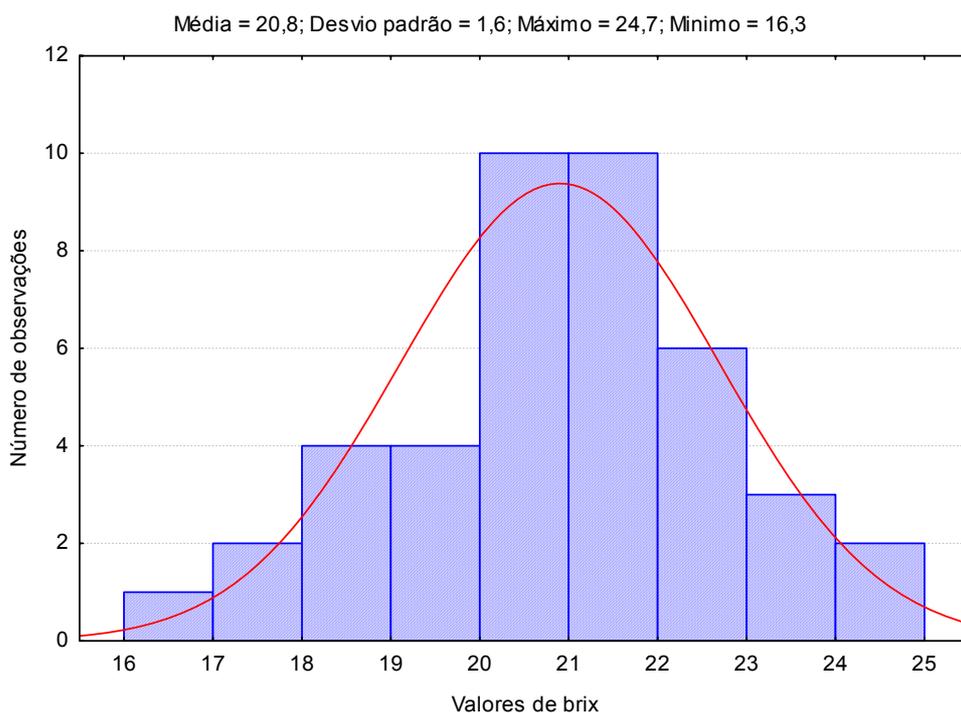


Figura 5. Histograma dos valores de brix dos frutos cerejeira, safra 2006/2007.

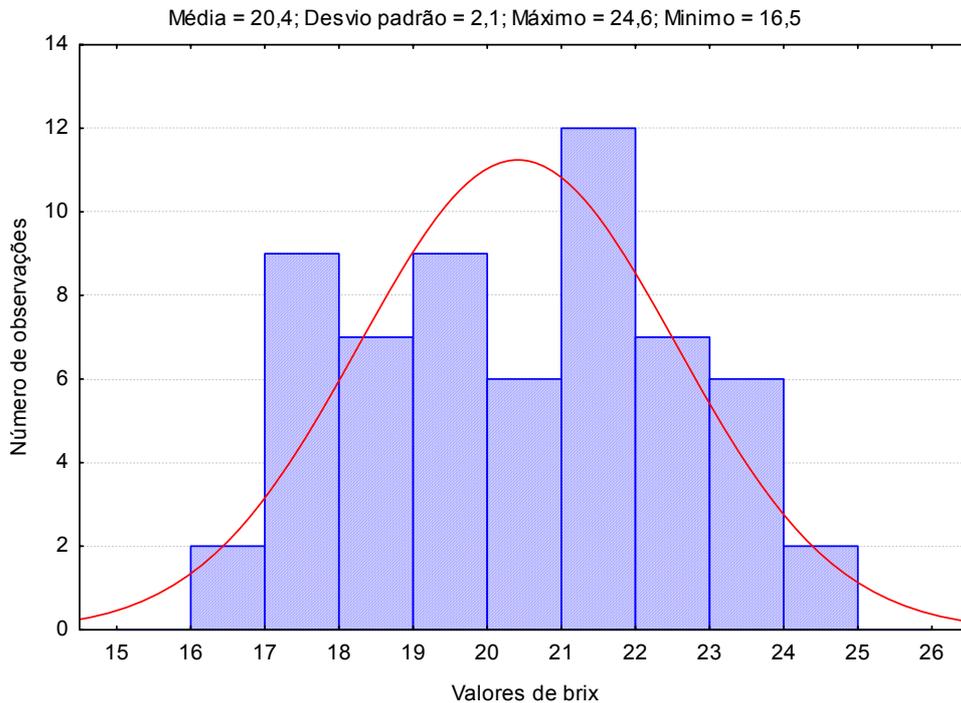


Figura 6. Histograma dos valores de brix dos frutos cereja safra 2007/2008.

No gráfico de caixa da Figura 7 se tem uma visão da distribuição dos valores de grau brix para as safras 2006/2007 e 2007/2008. Observa-se que a mediana, assim como os demais parâmetros descritivos (Intervalos de máximo e mínimo, média e desvio padrão) são similares. Entretanto, os valores de grau brix para a safra 2006/2007 estão mais concentrados no intervalo de 20 a 22, enquanto que, para a safra 2007/2008, este intervalo é de 18 a 22. Sugerindo que existe algum fator variando temporalmente que pode estar influenciando os valores de grau brix nas safras. Estes fatores podem estar vinculados às variações climáticas e/ou nutricionais que ocorrem no campo.

Nos gráficos das Figuras 8 e 9 tem-se a distribuição dos valores de brix as regiões 2 e 3 na safra 2006/2007 e regiões 1, 2 e 3 para 2007/2008. Nestas Figuras pode-se analisar melhor a variabilidade dos valores de brix que foram suavizados quando analisados na propriedade como um todo.

Na Figura 8 observa-se que na região 2 os valores de brix foram mais dispersos quando comparada à região 3. Isto demonstra que existe algum fator

nesta região que se expressa de maneira diferenciada em resposta as variantes nutricionais e climáticas ocorridas durante a safra 2006/2007. Estes fatores podem ser: idade, espaçamento e variedade das plantas, declividade, altitude e faces de exposição ao sol.

Na safra 2007/2008, observa-se que os valores de brix foram crescentes da região 1 para a região 3, sendo que, novamente houve maior dispersão dos dados na região 2.

Enquanto na região 2 o intervalo de variação dos valores de brix foi semelhante para as duas safras, na região 3 houve maior variação na safra 2007/2008. Na região 1 observou-se tendência de menor valor de brix para a safra 2007/2008 que as demais. Entretanto não há como fazer uma comparação, dado que, não houve produção nesta região na safra 2006/2007, em consequência de uma recapeira no ano de 2005.

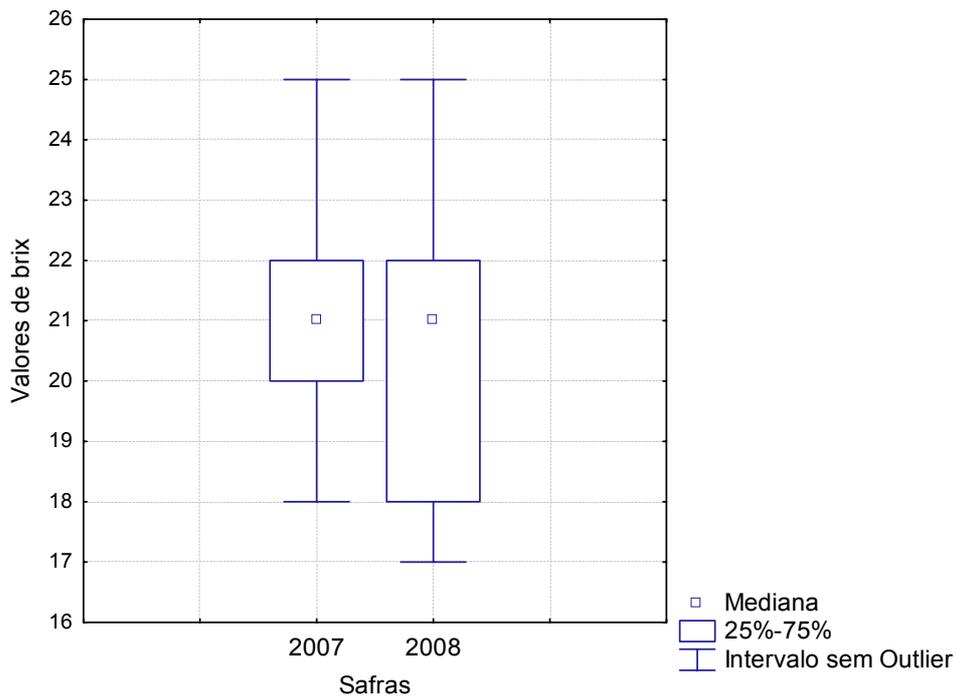


Figura 7. Gráfico de caixa da distribuição dos valores de brix para as safras 2006/2007 e 2007/2008.

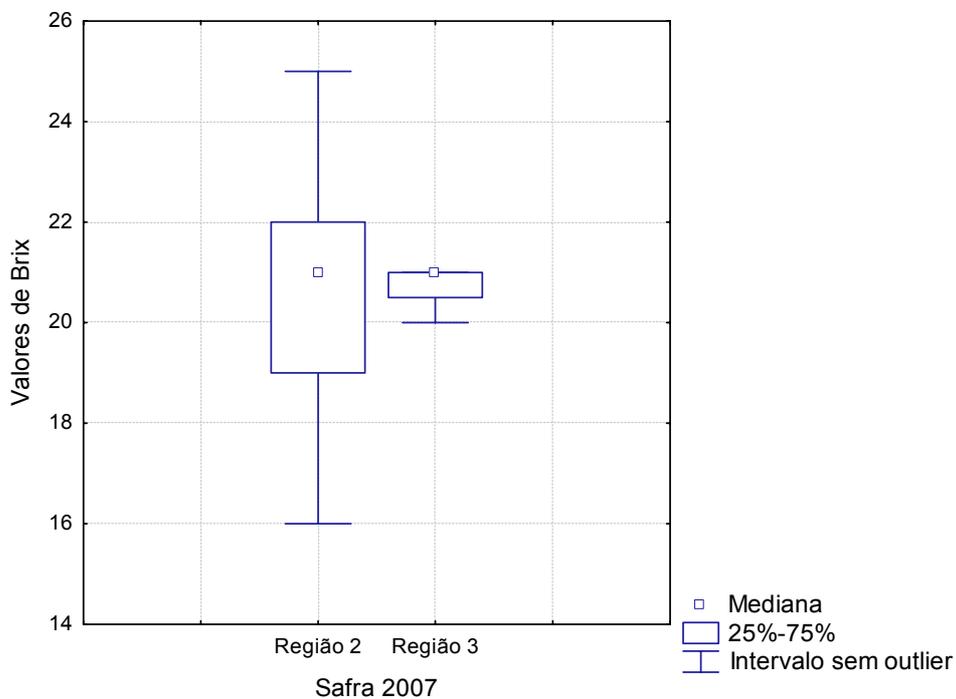


Figura 8. Gráfico de caixa da distribuição dos valores de brix para as regiões 2 e 3 na safra 2006/2007.

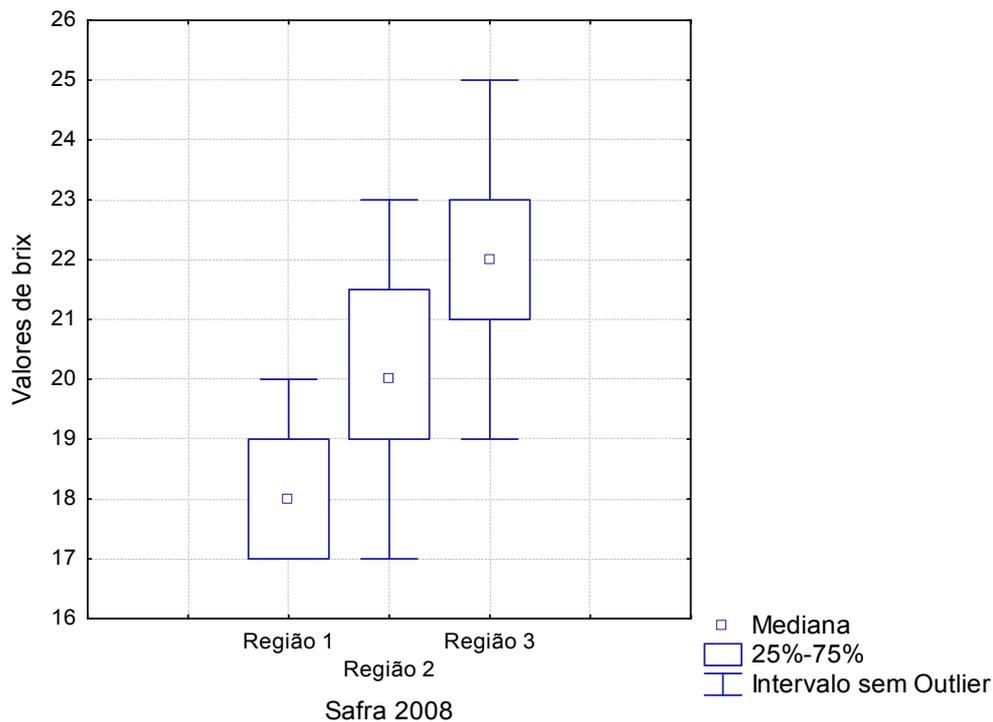


Figura 9. Gráfico de caixa da distribuição dos valores de brix para as regiões 1, 2 e 3 na safra 2007/2008.

Os dendrogramas relativos à análise de agrupamento dos valores de brix para as safras 2006/2007 e 2007/2008 estão representados nas Figuras 10 e 11. Os 42 talhões na safra 2006/2007 e os 60 talhões em 2007/2008 foram agrupados em três classes de grau brix. Este número de classes, cuja a definição é baseada no ponto de corte do dendrograma, foi utilizado no cálculo de agrupamento K-means.

O ponto de corte escolhido foi baseado no ponto do dendrograma onde o valor da distância euclidiana deu o maior salto, ou seja, o ponto no qual se obteve a menor variância dentro dos grupos e a maior entre grupos. Para o dendrograma da safra 2006/2007 este maior salto se deu na distância euclidiana de 24,92. Na safra 2007/2008 o ponto de corte foi na distância euclidiana de 51,11.

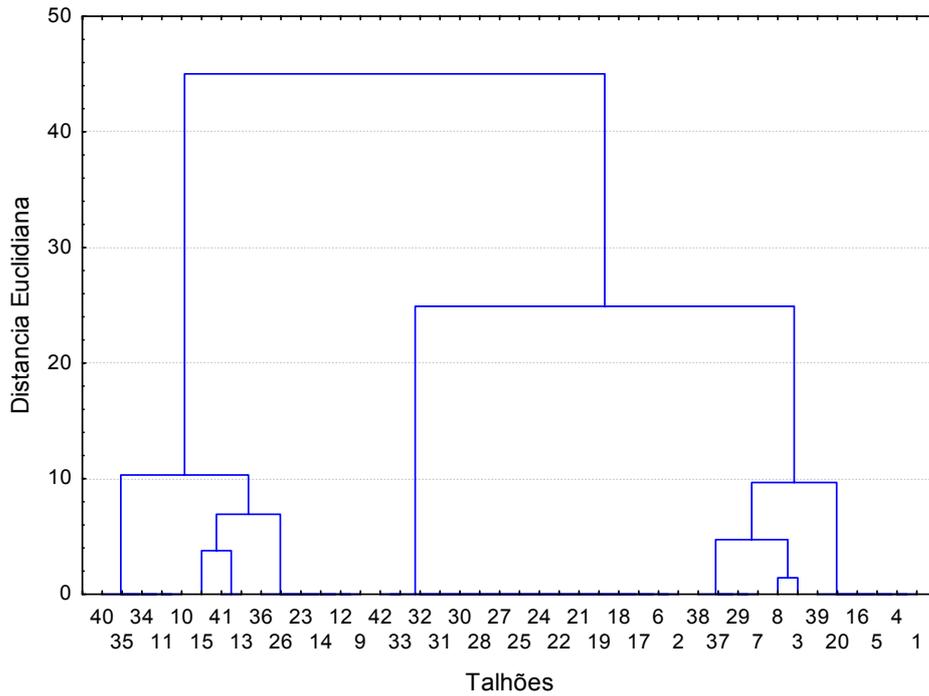


Figura 10. Dendrograma relativo à análise de agrupamento dos valores de brix para a safra 2006/2007.

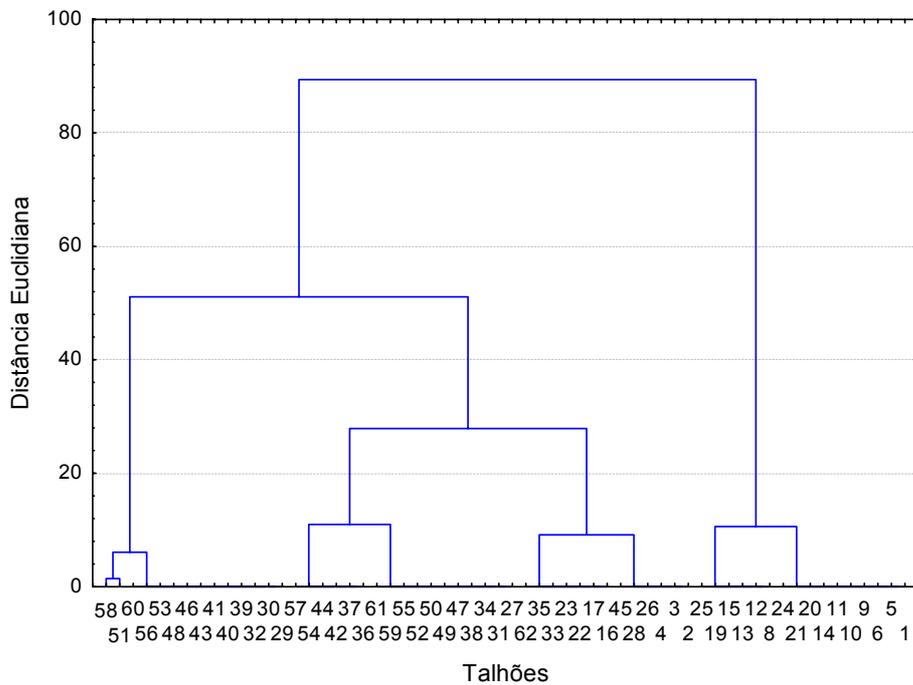


Figura 11. Dendrograma relativo à análise de agrupamento dos valores de brix para a safra 2007/2008.

Após a definição do número de classes de brix para as duas safras, determinou-se os membros de cada uma por meio da análise de agrupamento “K-means”. Nessa análise, para ambas as safras, foram determinados os valores extremos (mínimo e máximo) para cada uma das três classes e se determinou o seguinte intervalo de dispersão: classe 1 de brix, os valores menores ou iguais a 19; classe 2 os valores compreendidos entre 21 e 22 e classe 3 os maiores que 22.

Definido o número de classes e seus intervalos, foi realizada a análise da dispersão das notas de qualidade de bebida para cada classe nas duas safras. Para a safra 2007/2008, por meio do gráfico de caixa representado na Figura 12, nota-se que os as notas de qualidade aumenta à medida que se aumenta o valor médio das classes de brix, ou seja, há uma tendência de acréscimo de qualidade da classe 1 para a 3.

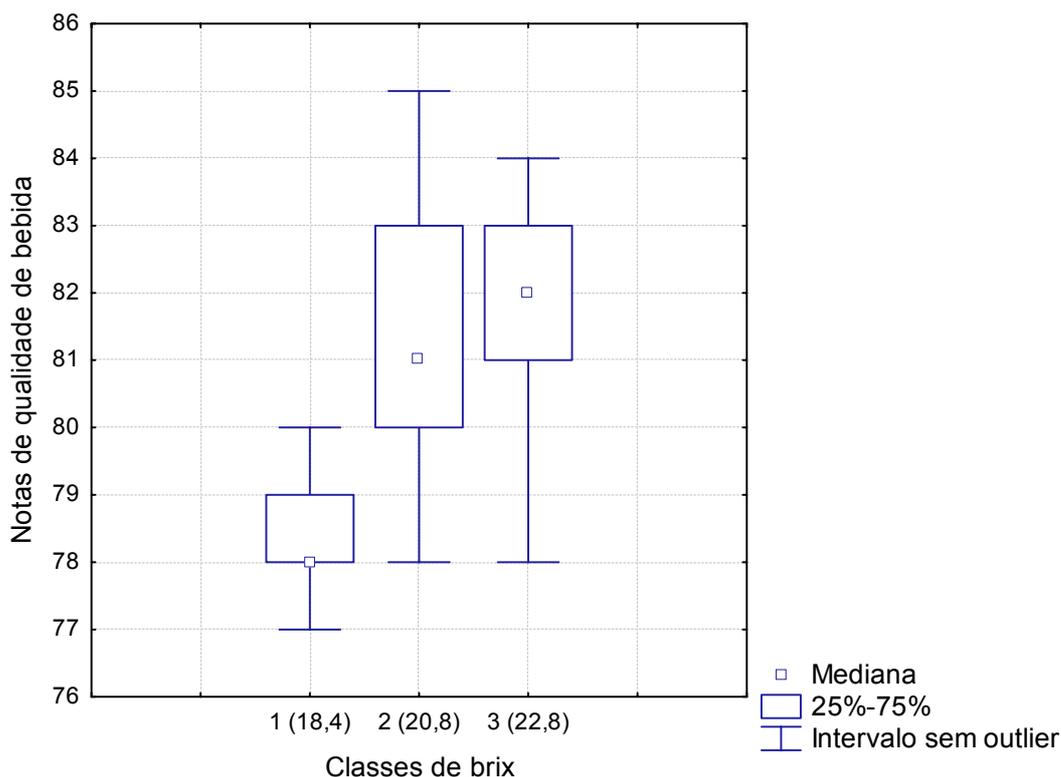


Figura 12. Gráfico de caixa da dispersão da qualidade de bebida do café em função das classes de brix na safra 2006/2007, a classe 1 tem valor médio de 18,4, a classe 2 de 20,8 e a classe 3 de 22,8.

Entretanto, ao realizar a análise da dispersão das notas de qualidade de bebida em função das classes de brix para a safra 2007/2008, Figura 13, não houve nenhuma tendência de relação entre o valor de brix e a qualidade de bebida. As medianas foram próximas e os intervalos (25%-75%) se sobrepuseram. Isto demonstra que apesar da dispersão global dos valores de brix terem sido muito próximas nas safras 2006/2007 e 2007/2008, a relação com a qualidade não se repetiu.

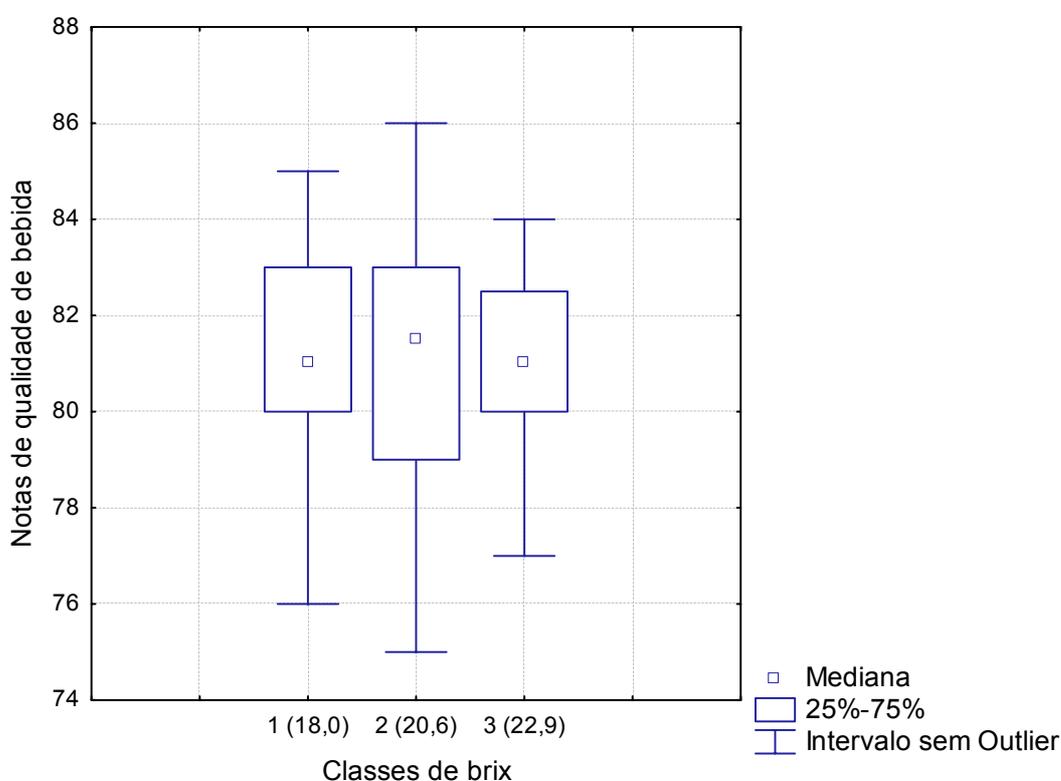


Figura 13. Gráfico de caixa da qualidade de bebida do café em função das classes de brix para a safra 2007/2008, as classes 1, 2 e 3 tem valor médio de 18,0, 20,6 e 22,9, respectivamente .

A variabilidade espacial dos valores de brix está representada na Figura 14, 26% dos talhões pertenceram à classe 1 (grau brix menor que 19), 50% pertenceram à classe 2 (grau brix de 20 a 21) e 24% à classe 3 (grau brix de 22 a 25). Observa-se que 76% dos talhões obtiveram valores de grau brix de médio a alto para a safra 2006/2007.

Era esperado que existisse variabilidade espacial dos valores de brix na propriedade, pois a mesma apresenta características (variedade, idade, espaçamento, face de exposição e altitude) diferenciadas para a maioria dos talhões. Estes fatores e interação entre os mesmos, acaba por criar na propriedade locais com características distintas, o que por sua vez, pode determinar variabilidade no desenvolvimento e composição dos frutos do cafeeiro.

Mais importante que estudar a variabilidade espacial do brix é estabelecer a correlação entre esse teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos maduros com a qualidade de bebida do café. Segundo Carvalho et al. (1989), 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 a Organização Internacional do café (OIC, 1992), valores mais elevados de açúcares podem indicar a presença de maior doçura na bebida, sendo responsáveis pelo sabor caramelo da bebida.

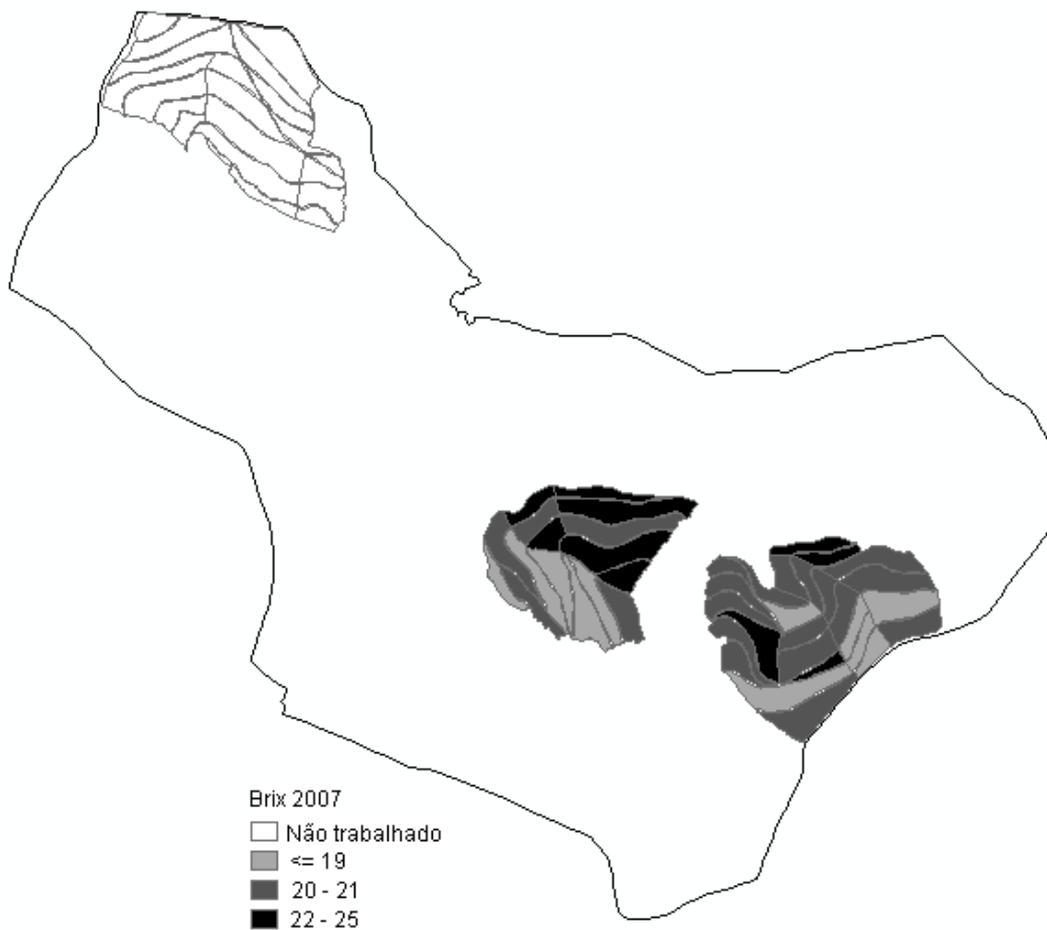


Figura 14. Mapa de variabilidade espacial das três classes dos valores de brix na safra 2006/2007.

Na Figura 14 está representado o mapa de variabilidade espacial da qualidade de bebida dividido em duas classes, áreas com notas de qualidade de bebida menor ou igual a 80 e áreas com notas maiores que 80. Observa-se que, 50% dos talhões apresentaram bebida de qualidade especial, ou seja, tiveram nota maior que 80. Nota-se que, assim como ocorreu com os mapas de variabilidade espacial do brix, existem regiões com tendência visual a formar agrupamentos, podendo determinar a utilização destes locais de características semelhantes como zonas de manejo diferenciadas.

Quando se compara o mapa de variabilidade de brix com o de qualidade de bebida, Figuras 14 e 15 observa-se que 95% dos talhões que obtiveram notas de qualidade de bebida superior a 80 pertencem às classes de brix 2 e 3, sendo que 65% dos talhões pertencem à classe 2 e 30% a classe 3. Por meio destes resultados, nota-se que existe uma relação, mesmo que indireta, entre a qualidade de bebida e as classes de brix.

Contudo, deve-se considerar que o fato de um talhão ter maior teor de brix não indica que ele irá produzir cafés especiais quanto à qualidade. Pois, ao se analisar os mapas encontram-se talhões pertencentes às classes 2 e 3 que obtiveram bebida de qualidade inferior. Mas, se o alto teor de brix não é uma garantia de alta qualidade de bebida, a relação inversa é verdadeira, uma vez que apenas 5% dos talhões com melhor qualidade pertenciam à classe 1 de brix (baixo teor).

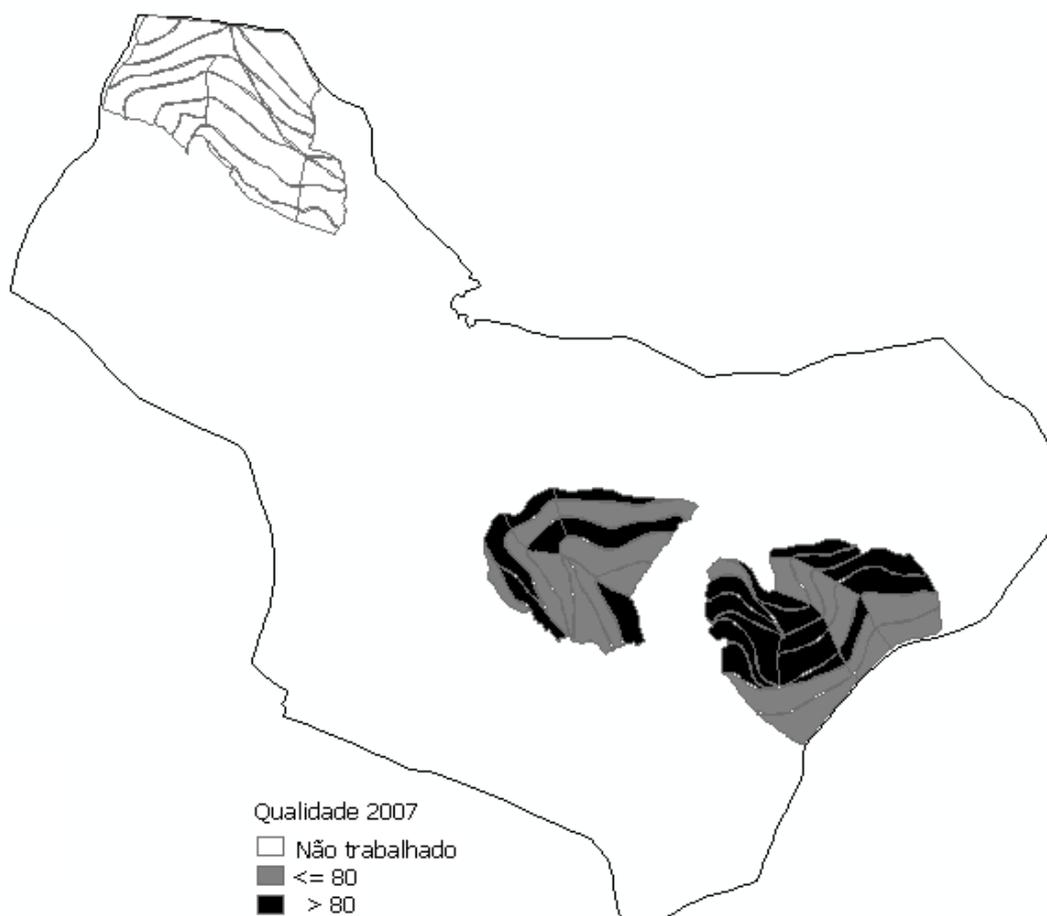


Figura 15. Mapa da variabilidade espacial das duas classes de qualidade de bebida do café (menor ou igual a 80 e maior que 80) na safra 2006/2007.

Estes resultados da relação positiva entre brix e qualidade de bebida obtidos na safra 2006/2007 demonstram que o refratômetro portátil pode ser uma ferramenta para o acompanhamento do desenvolvimento e maturação dos frutos. Também uma maneira de seleção dos talhões que podem receber um manejo diferenciado e seus frutos serem processados separadamente por apresentarem maior ou menor probabilidade de produzir uma bebida de qualidade. Segundo CHAGAS et al. (1996), cafés de melhor qualidade de bebida possuem teores mais elevados de açúcares.

Continuando os estudos das relações entre brix e qualidade, na safra 2007/2008 foram coletadas amostras de frutos maduros de 60 talhões, e destas amostras medido o teor de sólidos solúveis. Então, gerou-se um mapa de distribuição espacial que está representado na Figura 16. Seguindo os resultados da análise de agrupamentos, os valores de brix foram separados em três classes, em que, 10% dos talhões obtiveram valores baixos de brix (classe 1), média de 18,0, 32% dos talhões foram da classe 2, média de 20,6, enquanto que 58% dos talhões obtiveram valores altos de brix, com média de 22,9, e foram agrupados na classe 3.

Enquanto na safra 2006/2007 a distribuição dos valores de brix se apresentou de forma mais heterogênea nas regiões produtoras da propriedade, na safra 2007/2008, com exceção da região 2, esta distribuição foi homogênea.

Na safra 2007/2008, 90% dos talhões da região 1 foram agrupados na classe 1 e 10% na classe 2. Enquanto que na região 2, 31% dos talhões foram agrupados na classe 1, 44% na classe 2 e 25% na classe 3. Já a região 3 obteve a maior percentagem de talhões agrupados nas classes com valores mais altos de brix, 4% na classe 1, 35% na classe 2 e 61% na classe 3.

A região 1 é uma lavoura que foi recapeada e a safra 2007/2008 é a primeira colheita pós-recepa, isto ajuda a compreender a homogeneidade no valor de brix, pois de certa forma este trato cultural diminuiu o efeito de fatores como idade,

espaçamento e o autosombreamento. Na região 3, existem os fatores mencionados, mas a região 2 é a mais heterogênea que as demais, principalmente em relação ao ano de implantação da lavoura e espaçamento.

Esta diferença na distribuição dos valores de brix pode também estar vinculada a uma resposta fisiológica das plantas de café ao regime pluviométrico na região. Os períodos correspondentes às safras 2006/2007 e 2007/2008 tiveram regime hídrico diferenciado, tanto em termos de distribuição quanto de quantidade.

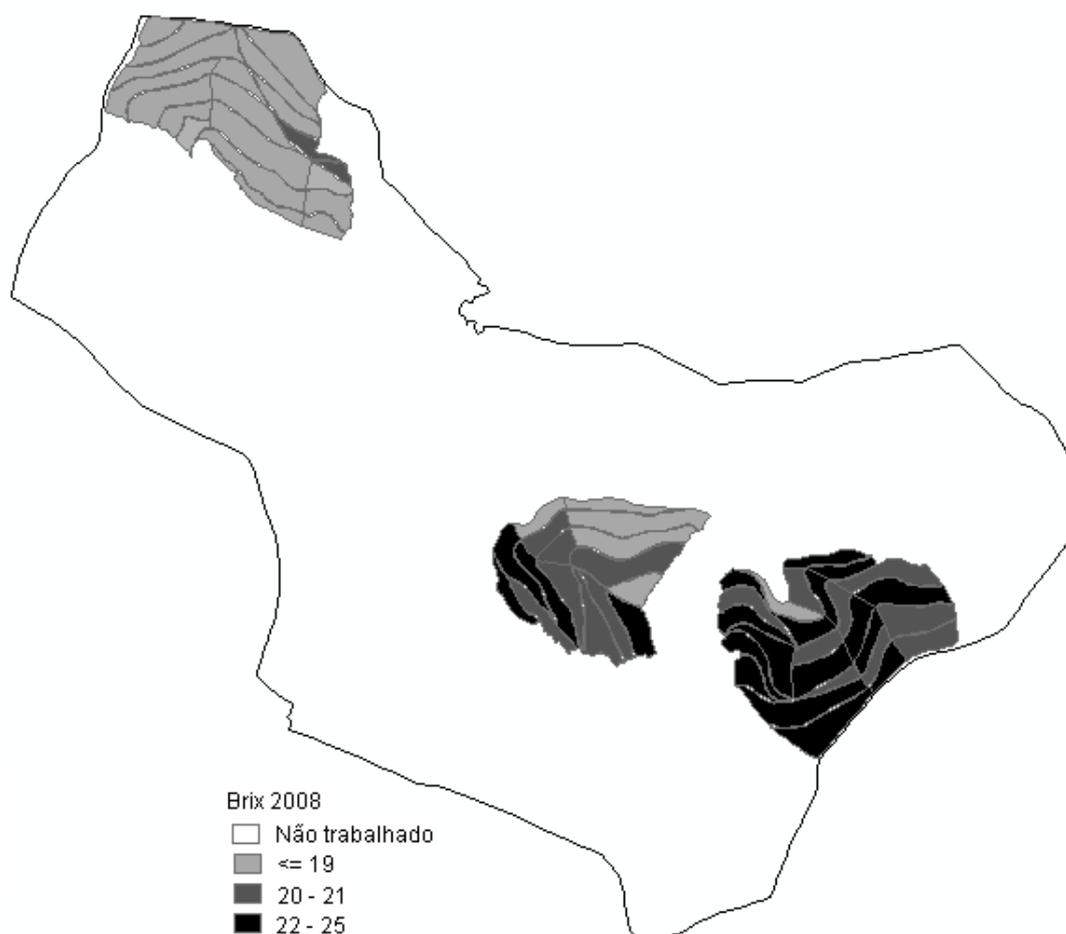


Figura 16. Mapa de variabilidade espacial das três classes dos valores de brix na safra 2007/2008.

Na Figura 17 está representado o mapa de variabilidade espacial da qualidade de bebida para a safra 2007/2008, dividido em duas classes, menor ou

igual a 80 e maior que 80. Os talhões na safra 2007/2008 obtiveram, em média, uma qualidade ligeiramente superior aos de 2006/2007, 81 e 80 pontos, respectivamente. Também foi superior o número de talhões que produziram café de qualidade especial; 60% dos talhões produziram café com nota superior a 80, indicando um acréscimo de 10% quando comparado a 2006/2007. Estes resultados foram influenciados, em parte, pelas amostras provenientes da região 1 que não foi avaliada na safra 2006/2007. Esta região, que apesar de não ter apresentado um bom resultado quanto ao valor de brix, quando comparada às regiões 2 e 3 obteve boas notas de qualidade de bebida. As notas médias de qualidade de bebida e brix, por região, são apresentados na Tabela 1.

Quando o mapa da Figura 17 foi detalhado, segundo as regiões que o compõem, se observou que, na região 1, 70% dos talhões produziram café de qualidade superior, enquanto que, as regiões 2 e 3 obtiveram, respectivamente, 44% e 58% dos talhões com notas acima de 80. Novamente a safra 2007/2008 se mostrou mais homogênea que a 2006/2007, as três regiões obtiveram médias idênticas de qualidade (81) e um desvio padrão também menor, principalmente na comparação da região 3.

Tabela 1. Desdobramento dos valores de brix e qualidade de bebida para as três regiões produtoras de café para a safra 1 (2006/2007) e a safra 2 (2007/2008)

Fator	Safra	Região 1			Região 2			Região 3		
		Média	Desvio	%>Ref*	Média	Desvio	%> Ref*	Média	Desvio	%>Ref*
B**	1	-	-	-	21	2,3	69	21	1,2	80
	2	18	0,9	0	20	1,7	44	22	1,3	92
Q***	1	-	-	-	79	2,7	44	80	4,1	58
	2	81	2,2	73	81	2,3	44	81	2,1	58

*Valor de referencia para a qualidade (acima de 80) e valores de brix (pertencente a classe 2 de maior valor brix), ** Valor de grau brix, *** Notas de qualidade de bebida.

Anteriormente quando foi realizada uma comparação entre os mapas de variabilidade espacial da qualidade de bebida com os valores de brix para a safra 2006/2007 (Figuras 14 e 15), houve uma tendência dos talhões que apresentaram bebida superior serem provenientes de áreas com alto valor de brix. Entretanto, ao

compararem-se os mesmos mapas para a safra 2007/2008 (Figuras 16 e 17), estes não demonstraram qualquer relação espacial entre qualidade e valores de brix.

Diferente de outras bebidas como vinhos e sucos, cujo produto final se origina da polpa do fruto, o café se origina do grão, e aí está a dificuldade em se descobrir uma relação forte, linear com a qualidade. Ainda que se saiba o efeito dos açúcares sobre a qualidade de bebida do café, não se pode dizer em que proporção esses sólidos solúveis na polpa migram para o grão e como a sua concentração afeta a constituição final da semente ou fruto.

Segundo (REDGWELL & FISCHER, 2006) a diretriz para a pesquisa do café tem sido a de considerar os vários componentes dos grãos de café como precursores potenciais de café bebida sabor e aroma, quer focalizando os açúcares de baixo peso molecular ou os polissacarídeos. A grande maioria desses estudos têm sido feitos sobre os grãos maduros de café arábica e robusta. Há uma falta de informação sobre a evolução do perfil de carboidrato do grão durante o seu crescimento, desenvolvimento e durante as diferentes etapas de processamento pós-colheita. O estado metabólico do grão ou fruto nestas fases irá afetar a sua composição química final, e as influências que modulam este metabolismo são fatores que incidem sobre a qualidade do grão de café.

Isto demonstra que não se pode pensar na relação entre linear a constituição química dos frutos e a qualidade de bebida uma vez que existe atrelado a estes fatores inúmeros fenômenos químicos e biológicos. E que o estudo do teor de carboidratos ou açúcares dos grãos e frutos tão somente nos momentos que precedem a colheita não seja suficiente para elucidar a relação entre os constituintes do fruto e a qualidade de bebida, ainda que exista na literatura evidências desta relação.

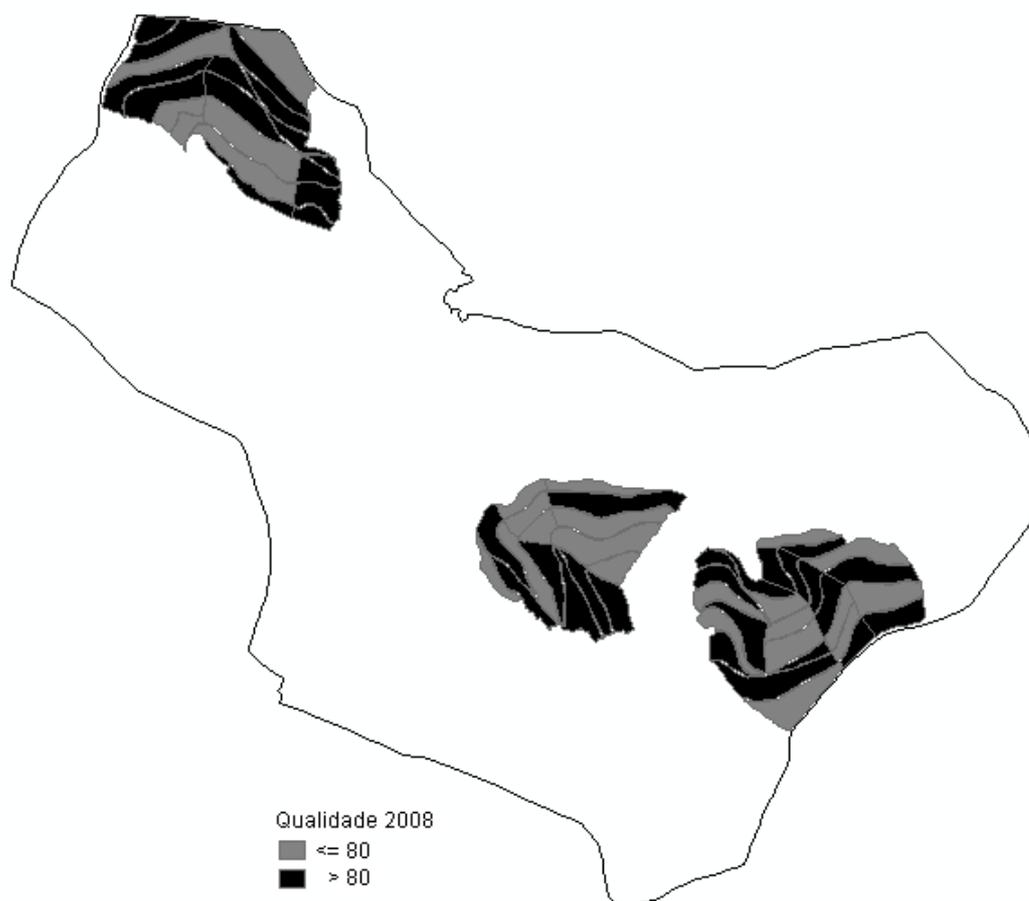


Figura 17. Mapa da variabilidade espacial das duas classes de qualidade de bebida do café (menor ou igual a 80 e maior que 80) na safra 2007/2008.

Na safra 2007/2008, talhões que produziram café de qualidade especial são provenientes tanto de talhões classificados como alto ou baixo valor de brix, o mesmo ocorre com os talhões que produziram qualidade inferior. Isto pode ser explicado, em parte, pela pequena variação dos valores de brix na safra 2007/2008, variabilidade esta que não foi suficiente para causar efeito significativo sobre as notas de qualidade de bebida.

Por meio destes resultados das safras 2006/2007 e 2007/2008 se observa que existe uma relação complexa e intrincada entre brix e qualidade. Pode-se dizer que essa relação é mais efetiva em uma safra que em outra, o que demanda um maior número de estudos deste tema para identificar que fatores locais e

climáticos determinam o conteúdo dos frutos e a influência destes sobre a qualidade de bebida.

Todavia, pode-se dizer que o fato da relação entre brix e qualidade se comportar de forma diferente em safras consecutivas, pode ser devido ao efeito de um fator que se apresente em uma safra e não ocorra em outra. Este fator pode ter sido o clima. Observando-se os gráficos das médias mensais e das médias por estágio fenológico dos dados climatológicos, Figuras 18 e 19, o principal diferencial entre as safras está na precipitação e umidade do ar.

Segundo Da Matta (2003) a resposta, direta e rápida dos estômatos às mudanças na umidade do ar tem consequências importantes para a capacidade da planta para suportar períodos relativamente longos de seca do solo associadas com a demanda atmosférica de elevada evaporação. Tal comportamento seria vantajoso para o cafeeiro, já que permite a maximização da eficiência na utilização da água à medida que diminui a disponibilidade de água no solo. Por outro lado, com a não-limitação de água no solo ou com breves períodos de déficit hídrico, a sensibilidade dos estômatos ao ar seco seria desvantajoso.

Na safra 2006/2007, os valores médios de precipitação e umidade do ar foram superiores na fase 1 e inferiores na fase 5, quando comparados à safra 2007/2008. Isto indica que, na primeira safra, durante a fase de crescimento de ramos novos, havia mais umidade no solo e ar. Isto, combinado as altas temperaturas do período propiciou um crescimento vegetativo vigoroso, pois neste ambiente os estômatos permanecem abertos, o que proporciona uma taxa fotossintética maior. No período 5, que compreende a maturação dos frutos, estes valores foram inferiores aos da segunda safra, mostrando-se muito favoráveis a uma maturação uniforme e ao não aparecimento de fungos, diminuindo a probabilidade de fermentação dos frutos ainda na planta.

Este fator climático pode ter influenciado ao mesmo tempo a constituição de sólidos solúveis, demais constituintes do fruto e por fim a qualidade. Isto quer dizer que possa existir uma correlação, ainda que indireta, entre brix e qualidade e que esta correlação tenha como gatilho um fator que varie temporalmente.

Então, esta relação pode se fazer presente em um ano em que ocorra condições climáticas específicas, quer sejam elas favoráveis ou não, e não ocorrer em outro, como foi o caso das safras 2006/2007 e 2007/2008. Uma conclusão efetiva deste fenômeno demandaria estudos em condições controladas, em que se pudessem determinar as condições favoráveis ao uso do refratrômetro como ferramenta para determinar zonas de manejo para a qualidade de bebida no campo.

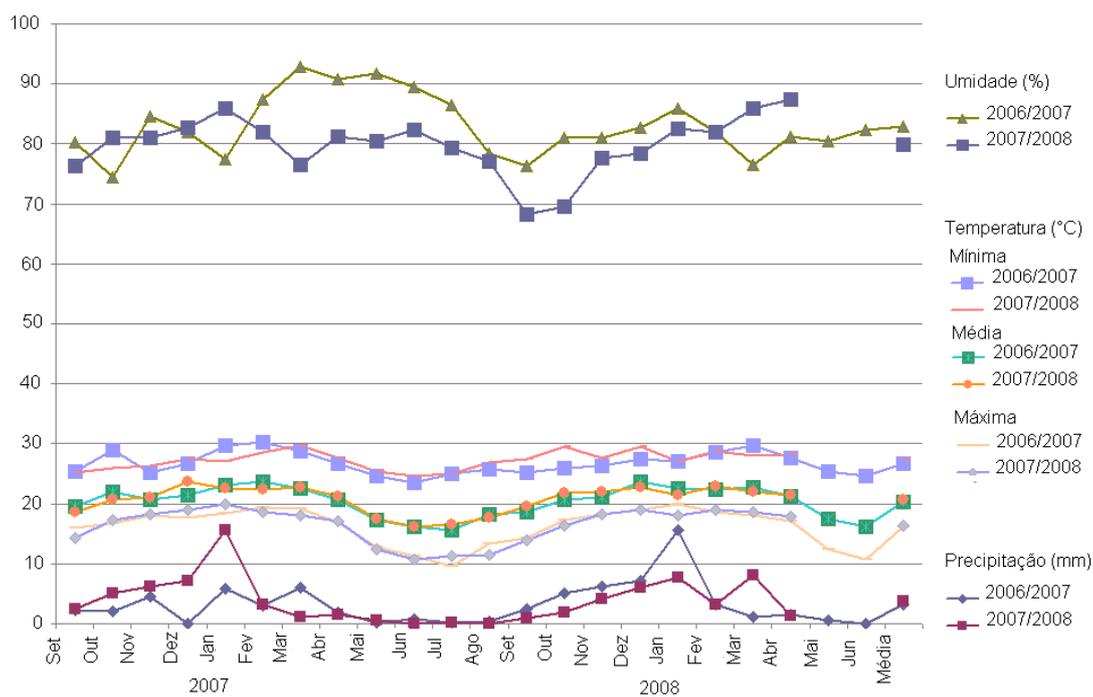


Figura 18. Referências climáticas, médias mensais, para as safras 2006/2007 e 2007/2008, estação climatológica de Viçosa, MG.

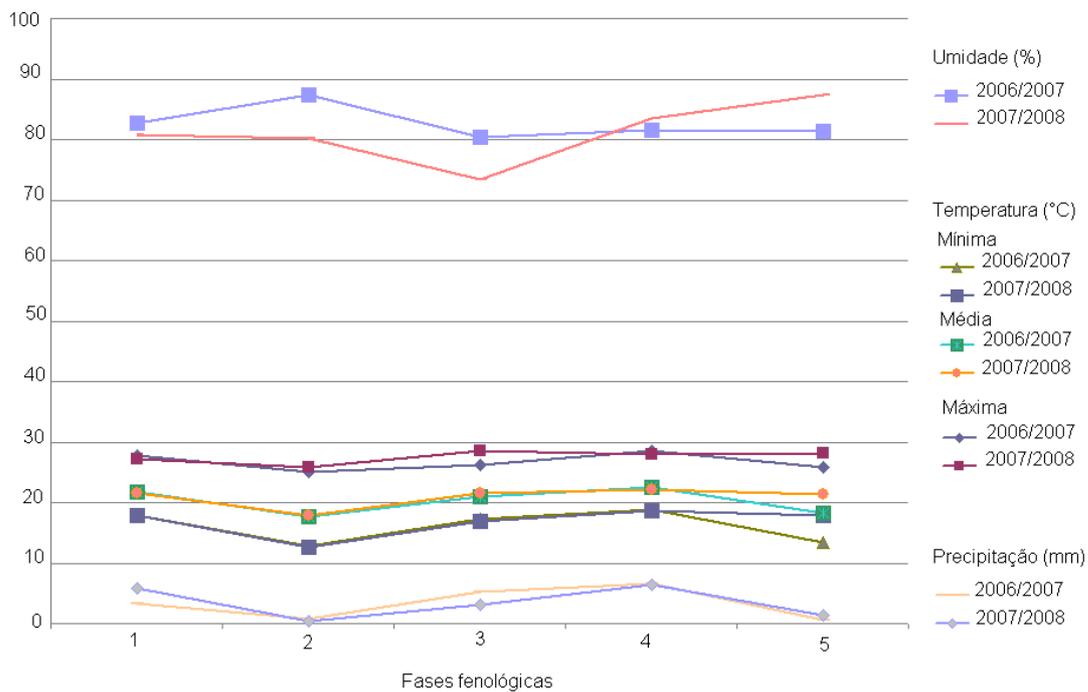


Figura 19. Referências climáticas para as safras 2006/2007 e 2007/2008, segundo os estádios fenológicos do cafeeiro, baseado em Camargo e Camargo (2001).

2.4. CONCLUSÕES

Na safra 2006/2007, 95% dos talhões que obtiveram notas de qualidade de bebida superior a 80 pertencem às classes com valores acima de 20 graus brix.

Apesar da dispersão dos valores de brix terem sido muito próximas nas safras 2006/2007 e 2007/2008, a relação com a qualidade não se manteve para a safra 2007/2008.

O refratrômetro portátil é uma ferramenta interessante para o acompanhamento do desenvolvimento e maturação dos frutos e na seleção dos talhões para um manejo diferenciado por meio do estabelecimento de zonas de manejo.

Mas, se o alto teor de brix não é uma garantia de alta qualidade de bebida, a relação inversa é verdadeira, uma vez que apenas 5% dos talhões com melhor qualidade pertenciam à classe 1 de brix (baixo teor).

Existe uma variabilidade espacial e temporal dos valores de brix e essa variabilidade está relacionada com a qualidade de bebida.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café. Desempenho da produção e consumo interno – Período Novembro/2006 a Outubro/2007. Disponível em: <<http://www.abic.com.br> > Acesso em: 05 jan. 2008.

Associação brasileira de cafés especiais – BSCA. **Regras de Competição Nacionais e Internacionais**. Alfenas, 2004. 5p.

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** 10, 32–45, 2004.

CAMARGO, M. B. P.; SANTOS, M. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; FAHI, J. I.; RUNINI, O.; MEIRELES, E.J.L.; BARDIN, L. Modelo agrometeorológico de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade como subsídio à previsão de safra de café (*Coffea arabica* L.): Resultados preliminares. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF : Embrapa Café, p. 75 – 76. 2003.

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.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S.J.R. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico química, química e microflora do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 15, 1989, Maringá. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: IBC, [1989]. p. 25-26.

CHAGAS, S.J. R.; CARVALHO, V.D.; COSTA, L.; ROMANIELLO, M.M. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. II. Valores de acidez titulável e teores de açúcares (redutores, não redutores e totais). **Ciência e Agrotecnologia**, v.20, p.224-231, 1996.

DAMATTA, F. M., Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: Hemantaranjan, A. (Ed.), **Advances in Plant Physiology**, vol. V. Scientific Press, Jodhpur, pp. 227–265, 2003.

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

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 4.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 816p. **PROSAB**, 1999, 97p.

LEROY, Thierry et al. Genetics of coffee quality. **Braz. J. Plant Physiol.** [online]. 2006, v. 18, n. 1, pp. 229-242. ISSN 1677-0420. doi: 10.1590/S1677-04202006000100016.

MATIELLO, J.B. et al. Efeito do stress hídrico no abortamento e uniformização da floração em cafeeiros em região quente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32., 2006, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas: CBP&D-Café/EMBRAPA CAFÉ, 2006. 330p. p.30.

PIMENTA, C. J. ; CHALFOUN, S. M. Composição microbiana associada ao café em coco e beneficiado, colhido em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 25, n. 3, p. 677-682, 2001.

PINTO, N.A.V.D. et al. Avaliação dos polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.3, p.193-195, 2001.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. El despulpado del café por medio de desmucilagadoras mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarana en el estado del Paraná en Brasil: Londres, 1992. n. p. (Reporte de Evaluación Sensorial).

OIC, Organização Internacional de Café. Total production of exporting countries. Disponível em: <<http://dev.ico.org/prices/po.htm>> Acesso em: 22 de fev 2008.

RODRIGUES JUNIOR, F. A. **Geração de zonas de manejo para cafeicultura com base em determinações usando sensor SPAD e análise foliar.** 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, 2008.

SETHURAMASAMYRAJA, B., ADAMCHUK, V.I.; MARX, D.B.; DOBERMANN, A. Evaluation of ion-selective electrode methodology for integrated on-the-go mapping of soil chemical properties (pH, K & NO₃). 2005. **ASAE Paper** No. 05-1036, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.

SOARES, A.S. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.1, p.117-125, 2005.

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** 2005, vol. 60, n^o12, pp. 3169-3183

YOON, C.N. Growth studies on sugarcane: I. Dry matter production. The **Malaysian Agricultural Journal**, v.48, n.2, p.47-59, 1971.

CAPÍTULO 3 – VARIABILIDADE DO GRAU BRIX DE FRUTOS MADUROS DE CAFÉ E A RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE BEBIDA

3.1. INTRODUÇÃO

Dentro dos fatores que influenciam a qualidade do café, o estágio de maturação dos frutos no momento da colheita é um dos mais importantes. Compreender o processo de maturação dos frutos e sua distribuição espacial pode ser determinante para a obtenção de frutos com o máximo de constituintes químicos capazes de formar um café de qualidade com aroma e sabor distintos.

O processo de maturação inicia-se com o aumento da atividade respiratória e com a síntese de etileno. Esses processos são acompanhados da degradação da clorofila e da síntese de pigmentos responsáveis pela mudança de coloração da casca, que passa de verde à coloração vermelho-cereja ou amarela. Além disso, durante a maturação ocorrem decréscimo de adstringências e síntese de compostos voláteis, como aldeídos, ésteres, cetonas e álcoois, que caracterizam o aroma do fruto maduro. Após o amadurecimento total, os frutos entram em um período de senescência, com escurecimento da casca e polpa, em razão de oxidações dos pigmentos e secagem. Nesse período, podem ocorrer fermentações e até mesmo podridões com produção de álcoois e ácidos indesejáveis (TAIZ & ZEIGER, 2004).

De todos os constituintes químicos presentes nos frutos, os açúcares presentes nos sólidos solúveis da polpa estão entre os principais indicadores da maturação e podem ser utilizados como indicadores do ponto de colheita ou mesmo na predição da qualidade dos frutos ainda na lavoura.

O teor dos açúcares totais, redutores e não redutores é influenciado pelo estágio de maturação dos frutos, pelo ataque de microorganismos, local de cultivo, presença de defeitos, injúrias mecânicas. Pimenta et al. (2000) observaram que ocorreu um aumento gradativo nos teores dos açúcares redutores à medida que a maturação dos frutos foi se intensificando, atingindo o valor máximo no café cereja e diminuindo a medida que os frutos desidratam. Uma maior quantidade de sólidos

solúveis é desejável, tanto do ponto de vista do rendimento industrial, como pela sua contribuição para assegurar o corpo da bebida, (LOPES, 2000).

Os valores de brix têm sido continuamente utilizados como indicadores de maturação e palatabilidade dos frutos, bem como do potencial da sua qualidade para a produção de produtos processados (YOON et al., 2005). Bramley et al. (2004) detectaram uma correlação entre a razão de densidade de líquidos e grau brix com a qualidade do vinho produzido durante quatro safras consecutivas em áreas com três níveis de vigor vegetativo. Os autores observaram relação inversa entre o vigor vegetativo com a concentração de sólidos solúveis e a qualidade do vinho.

A determinação dos valores de brix em frutos é feita utilizando refratômetros. Pimenta et al. (2000) utilizou um refratômetro de banca para determinar o teor de sólidos solúveis totais em amostras de café. Esses autores concluíram que o teor de sólidos solúveis é significativamente diferente para os diferentes estádios de maturação.

Sethuramasamyraja et al. (2007) utilizaram os teores de sólidos solúveis e de antocianina dos frutos de uva para determinar zonas de manejo da qualidade do vinho produzido. Estes autores concluíram que existe grande potencial da análise da variabilidade espacial destas variáveis para a otimização da colheita da uva visando à produção de vinho com qualidade

Marin-López et al. (2003) demonstraram em seus estudos a evolução ou o incremento do teor de sólidos solúveis durante o processo de maturação dos frutos do café. Os níveis mais altos destes constituintes foram encontrados nos frutos maduros e passas. Esses autores encontraram também que a melhor qualidade de bebida ocorre nestes estágios de maturação. Isto demonstra a existência de uma relação entre o brix dos frutos e a qualidade que pode ser utilizada na determinação de áreas com potencial de obtenção de café de qualidade em uma lavoura ainda na etapa pré-colheita e na determinação do momento ideal de colheita.

Em regiões de clima muito quente e úmido, a permanência do café na árvore ou no chão pode ser prejudicial à sua qualidade. Isso porque o café cereja

tem uma polpa muito úmida, com altos teores de açúcares, podendo ocorrer fermentações, com conseqüente aparecimento de grãos ardidos e pretos, resultando em qualidade ruim de bebida.

Depois de iniciada, a colheita pode ser finalizada em poucas semanas ou em até três meses, dependendo das condições de floração, crescimento e maturação dos frutos, que, por sua vez, dependem da altitude, latitude e clima.

A grande questão é que a determinação da maturação dos frutos é realizada visualmente, baseada na cor, portanto, de forma muito subjetiva. A utilização de um refratômetro portátil, que mede o teor de sólidos solúveis em grau brix, pode ser um instrumento mais preciso na determinação do ponto ideal de colheita.

Operacionalmente a espera pelo momento ideal de colheita dos frutos segundo o potencial máximo de maturação pode ser um processo complicado. Pois, concentrar a colheita em um período curto requer mão de obra, que vem se tornando cada vez mais escassa, onera o custo de produção e pode ainda resultar em uma colheita com um número muito grande de passas ou caídos ao chão. Entretanto, apesar de todos os obstáculos, apenas o fato de reconhecer ainda no campo os frutos com potencial de produzir bebida de qualidade é extremamente interessante para o produtor, uma vez que ele pode manejar de forma diferenciada seu processamento com incremento da qualidade produzida.

De acordo com o exposto, este estudo foi realizado com o objetivo de determinar a forma como o teor de sólidos solúveis, medido por meio dos valores de grau brix, se modifica no período de maturação dos frutos, o seu ponto de máximo e sua correlação com a qualidade de bebida do café. Pretende-se, assim, correlacionar a variabilidade temporal dos valores de brix dos frutos de café com a qualidade de sua bebida.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de amostras foi realizada no período de abril a junho de 2007, época de maturação dos frutos de café da safra 2006/2007, na Fazenda Braúna, situada no município de Araponga, MG. A localização do centróide da área em que foram coletadas as amostras é latitude $-20^{\circ} 43' 17,5''$ e longitude $-42^{\circ} 33' 22,6''$. A altitude média da área é de aproximadamente 900 m. As amostras de café foram processadas nos laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Em seis talhões de *Coffea arabica*, variedade Catucaí, selecionados com base em estudos preliminares do potencial de produção de café de qualidade nas três safras anteriores (2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006), foi feito um acompanhamento dos valores de grau brix durante o período de maturação dos frutos, gerando-se uma curva da variação dos valores de brix em função do tempo. Cada talhão apresentava uma área em torno de 1 ha.

Realizaram-se os testes de qualidade de bebida de amostras de café cereja coletadas no início e no fim da safra, analisando-se o efeito da época de colheita dos frutos maduros sobre os valores de brix e qualidade de bebida.

Na Figura 1 está à representação dos talhões selecionados em uma imagem aérea da propriedade. Na Tabela 1 estão descritos os seis talhões selecionados quanto às suas características culturais e de relevo.



Figura 1. Imagem aérea da Fazenda Braúna com a representação dos seis talhões selecionados para o acompanhamento do brix dos frutos maduros e sua relação com a qualidade de bebida.

Tabela1. Características culturais e de relevo dos talhões selecionados

ID	Densidade (Plantas/ha)	Idade (anos)	Face de exposição ao sol	Altitude média (metros)	Declividade média (porcentagem)
40	10000	7	Sudoeste	929,99	38,45
41	10000	7	Sudoeste	916,30	40,79
43	10000	6	Oeste	871,73	48,75
44	10000	6	Oeste	854,47	46,64
61	10000	6	Noroeste	850,65	52,80
62	8000	5	Sudoeste	831,94	29,57

Coleta de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida e valores de grau brix

A coleta de frutos para avaliação dos critérios relacionados à qualidade de bebida e valores de grau brix foi realizada diariamente às 15 horas, nos seis

talhões selecionados. Esta coleta foi feita em cerca de 30 plantas por hectare, escolhidas aleatoriamente, em quatro ramos, um par em cada lado da planta, voltados para as entrelinhas.

De cada talhão obteve-se uma amostra composta de frutos cereja. De cada amostra foram retirados quinze frutos, e com um refratômetro portátil (ATAGO, modelo PAL-3), foi feita a leitura do grau brix do suco obtido pela compressão manual dos frutos de café, Figura 2.



Figura 2. Compressão do fruto maduro para leitura do teor de sólidos solúveis utilizando-se um refratrômetro portátil.

As amostras para os testes de qualidade de bebida foram as mesmas utilizadas para a leitura do brix dos frutos. Entretanto, a análise da qualidade de bebida foi realizada em apenas duas épocas: no início e no fim do período de maturação dos frutos.

Para a preparação das amostras para os testes de qualidade de bebida, as amostras de frutos cereja foram despulpadas, utilizando-se um despulpador manual com fluxo de água contínuo. As amostras despulpadas foram secas

artificialmente com temperatura do ar de secagem de 40 °C, até atingirem umidade aproximada de 11 % b.u. Para a secagem, utilizou-se um secador de amostras de leito fixo em bandejas, com queimador a gás. Então, as amostras secas foram beneficiadas e acondicionadas em embalagens de papel.

O teste de bebida foi realizado por dois provadores, efetuando-se apenas uma determinação ou degustação por provador, para cada amostra. O teste de bebida de cada amostra foi realizado usando-se três xícaras, tendo a bebida sido analisada quanto às características sensoriais do café com base nas regras de competição nacionais e internacionais da Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, 2004). A qualidade de bebida do café foi analisada quanto aos atributos aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa. A análise deste conjunto de critérios de qualidade determinou o valor da nota final global de cada amostra. As amostras receberam notas cujo valor máximo é 100, e as notas acima de 80 são consideradas de cafés especiais em termos de qualidade. Segundo esta definição, as notas de qualidade de bebida foram divididas em duas classes: classe 1 menor ou igual a 80 e classe 2 maior que 80.

Análises dos dados

As análises dos dados obtidos foram realizadas em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada a estatística descritiva dos dados de acompanhamento dos valores de brix entre o início e término do período de maturação, que também corresponde à colheita. Foram gerados gráficos de dispersão dos valores de brix para cada um dos talhões e para a média de todos os talhões.

Para a análise do efeito da época (início e fim da colheita) dos frutos cereja sobre os valores de brix e a qualidade de bebida, realizou-se um teste t para dados pareados 5% de significância. Sendo que, as repetições foram os seis talhões selecionados.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 são apresentados os valores de brix em função do tempo, para seis talhões selecionados por apresentarem qualidade de bebida acima da média por três anos consecutivos. Nestes talhões, os valores observados de brix tenderam a oscilar em ciclos que podem ser associados às fases de maturação, amadurecimento e senescência do fruto. Cada ciclo teve um período aproximado de cinco dias, o que pode ser mais bem observado no gráfico dos valores médios de brix dos seis talhões selecionados (Figura 4).

Estes ciclos se sucederam devido à elevação da atividade respiratória depois do período de crescimento do fruto. Essa elevação na atividade respiratória (climatério respiratório) acontece conjuntamente ou logo após a elevação da síntese de etileno. Este hormônio é um dos principais responsáveis pelo processo de maturação (cor, sabor, aromas, amolecimento). Deste modo, quando os estágios de desenvolvimento e de maturação estão completos, os frutos iniciam sua senescência (TAIZ & ZEIGER, 2004).

É interessante salientar que ao longo do tempo estes ciclos foram mudando de patamar, sendo que os talhões tenderam a atingir seus maiores picos de brix ao se aproximar do fim da safra.

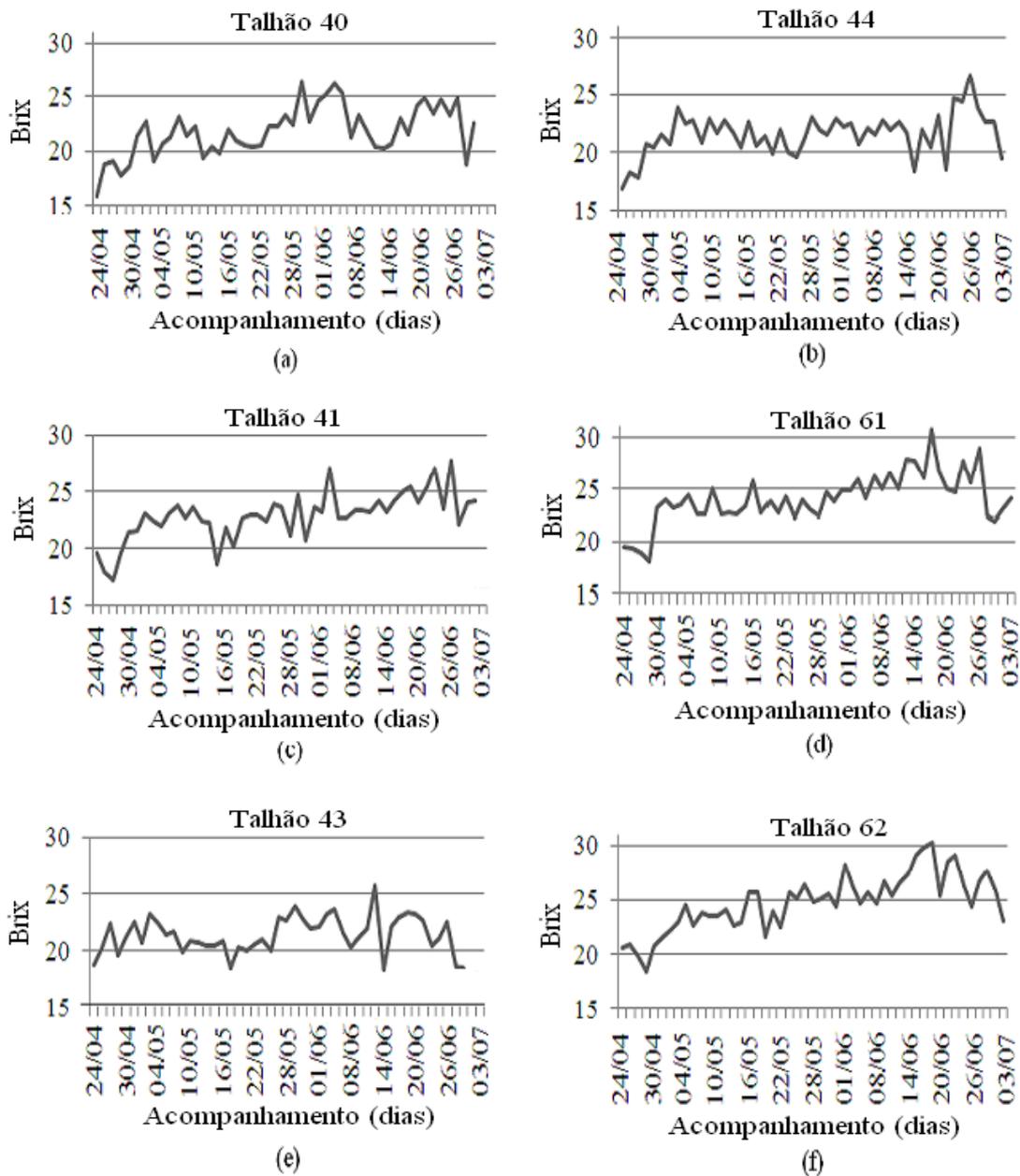


Figura 3. Valores de brix dos talhões selecionados (40 (a), 41 (b), 43 (c), 44 (d), 61 (e), 62 (f)), em função do tempo para a safra 2007/2008.

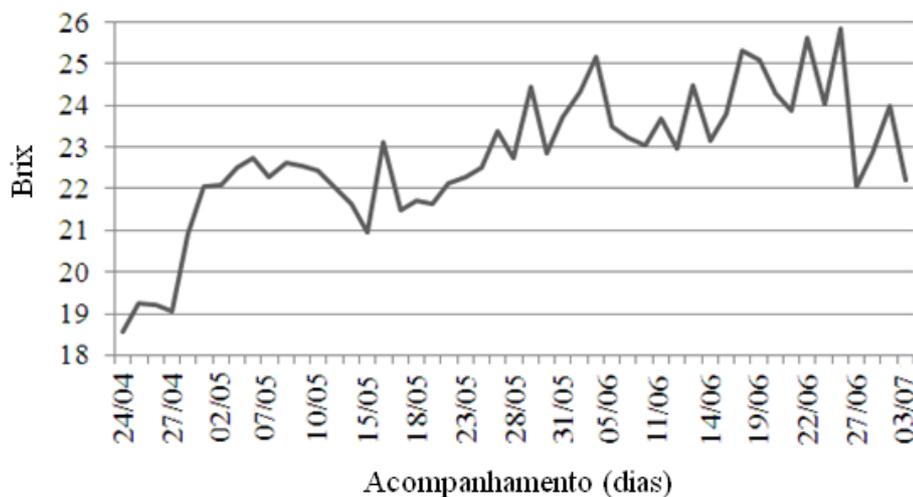


Figura 4. Valores médios de brix de todos os talhões selecionados em função do tempo na safra 2007/2008.

A identificação visual da cor pode não ser um padrão eficiente para determinar sozinho a maturação dos frutos e o momento ideal de colheita, e as variações mostradas nas Figuras 3 e 4 evidenciam isso. As coletas diárias de frutos maduros para a medição do brix foram realizadas por meio de critérios visuais. O fato de um fruto apresentar visualmente a coloração característica dos frutos cereja não quer dizer que tenha atingido o máximo em termos de constituintes químicos como os pigmentos e açúcares.

Observando-se ainda o gráfico de dispersão da Figura 3, nota-se que, com exceção dos talhões 43 e 44, que mostraram uniformidade nos valores de brix ao longo da safra, os demais apresentaram a mesma tendência ascendente da curva de brix ao longo do tempo, alguns obtendo valores quase sempre superiores. Isto pode ser visto também na Tabela 2, que tem a estatística descritiva dos valores de brix obtidos no período. Nesta Tabela, o talhão 62 se destacou dos demais com tendência a apresentar os maiores valores de todos os descritores. Observando-se a Tabela 1, com a descrição dos talhões, nota-se que este talhão tem a menor declividade, densidade de plantas e idade, quando comparado aos demais.

Tabela 2. Estatísticas descritivas dos valores de brix obtidos para cada talhão durante o período maturação-colheita e os respectivos valores de qualidade de bebida

Talhão	Valores de brix						Qualidade de bebida	
	Período de maturação						Período de maturação	
	início	fim	Mínimo	Máximo	média	desvio	Início	fim
40	19,1	21,8	15,9	26,4	21,8	2,3	80	84
41	19,6	22,8	17,3	27,7	22,8	2,1	81	84
43	21,3	21,4	18,4	25,7	21,4	1,6	78	84
44	21,0	21,7	17,0	26,8	21,7	1,8	74	84
61	20,4	24,1	18,1	30,7	24,1	2,5	80	85
62	22,9	24,8	18,5	30,3	24,8	2,6	82	85

A Tabela 3 apresenta o teste de significância, média e variância para os valores de brix e qualidade de bebida do café cereja coletado no início e final da safra. Por meio dessa análise, demonstrou-se a existência de diferença ($p < 0,05$) para as médias dos valores de brix e qualidade de bebida dos frutos cereja colhidos em diferentes épocas nos mesmos talhões. Isso é uma comprovação de que o café cereja do início da safra não tem, com relação ao brix, o mesmo valor médio do fim, e por consequência, esta variação pode interferir na qualidade final da bebida. Este resultado também comprova que a diferenciação de processamento e armazenamento de lotes colhidos no início e no final da safra podem concorrer para um ganho de lucro por parte do produtor, com a venda do lote com qualidade superior. Outra possibilidade é permitir que se faça blends de cafés do lote do início da safra com outros de melhor qualidade para melhorar a qualidade final do lote.

Tabela 3. Teste de significância, média e variância para os valores de brix e qualidade de bebida do café cereja coletados no início e final da safra

Fator de variação	Média	Variância	T calculado	P(T<=t)
Brix inicial	20,7	1,9	-3,5*	0,018
Brix Final	22,8	1,9		
Qualidade inicial	78,8	7,4	-5,4*	0,003
Qualidade final	84,3	0,3		

* Significativo a 5% de significância pelo Teste t.

A qualidade de bebida obtida a partir de frutos de café cereja colhidos no início e fim de safra foi satisfatória, segundo a classificação comercial destas notas. Entretanto, nota-se na Tabela 3 que a qualidade do café no final da safra foi significativamente melhor que a do início da safra, e esta diferença pode significar ao produtor maiores ganhos financeiros na comercialização do produto.

Os frutos que atingiram a maturação precoce podem ter se desenvolvido a partir de floradas sob condições desfavoráveis (estresse hídrico e/ou térmico), o que determinou sua menor concentração de sólidos solúveis. As floradas subsequentes que se desenvolveram em condições mais favoráveis apresentaram melhor qualidade final dos frutos e por consequência da bebida. Outro fato que explicaria este fenômeno seria o desenvolvimento dos frutos provenientes de uma mesma florada, mas que por algum motivo, como exposição diferenciada ao sol, vento, etc., desenvolveram-se mais lentamente de forma a completar seu ciclo com maior teor dos seus constituintes no momento da maturação fisiológica.

3.4. CONCLUSÕES

Os valores observados de brix tendem a oscilar em ciclos que podem ser associados às fases de maturação, amadurecimento e senescência do fruto. Cada ciclo teve um período aproximado de cinco dias. Ao longo do tempo, estes ciclos foram mudando de patamar, sendo que os talhões tenderam a atingir seu pico máximo de brix ao se aproximar o fim da safra.

Os valores de grau brix e as notas de qualidade de bebida do início e fim da safra em 2006/2007 foram significativamente diferentes pelo teste t para dados pareados a 5%, sendo que os cafés colhidos no final de safra tiveram qualidade superior.

Existe variabilidade temporal dos valores de brix durante a colheita, e o grau brix está relacionado à qualidade da bebida.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação brasileira de cafés especiais – BSCA. **Regras de Competição Nacionais e Internacionais**. Alfenas, 2004, 5 p.

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.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, v.11, p. 79-92, 1985.

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

MARÍN-LOPES S. M.; ARCILA P., J.; MONTOYA R. E. C.; OLIVEROS T. C. E. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, Rendimiento y calidad de la bebida. **Cenicafé**, v.54, n.4, 297-315,2003

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

SETHURAMASAMYRAJA, B., ADAMCHUK, V.I.; MARX, D.B.; DOBERMANN, A. Evaluation of ion-selective electrode methodology for integrated on-the-go mapping of soil chemical properties (pH, K & NO₃). 2005. **ASABE Paper** N°. 05-1036, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 1338 p., 2004.

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 4 – VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DE BEBIDA DO CAFÉ

4.1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos agrícolas dentro de um talhão pode variar temporal e espacialmente em razão das variações dos atributos do solo, das condições climáticas e da forma como as operações agrícolas são conduzidas. O conhecimento da variabilidade da qualidade pode auxiliar na tomada de decisão em sistemas de produção de café, uma vez que o preço do produto é influenciado pela sua qualidade. Os produtores poderão identificar os fatores que podem levar uma melhoria da qualidade e buscar formas de manejo a sítio específico.

Neste contexto, a agricultura de precisão, que se baseia no manejo dos fatores de produção de forma localizada, levando-se em consideração a sua variabilidade, pode ser uma ferramenta importante nesta busca pela excelência na produção de café.

Segundo Queiroz et al. (2004), a agricultura de precisão pode trazer inúmeros benefícios à cultura do café, pois trata-se de uma cultura de elevada receita por área, sendo seu preço baseado na qualidade dos grãos. O emprego das técnicas de agricultura de precisão pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade, e até mesmo no entendimento dos fatores inerentes à mesma.

Para a cultura do café, alguns estudos vêm sendo realizados na geração de mapas de variabilidade espacial da produtividade. Leal (2002) desenvolveu um sistema de mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café usando uma colhedora automotriz e verificou a existência de variabilidade.

Em um trabalho realizado na região de produção de café de montanha, Oliveira (2003) estudou a variabilidade espacial da produção do café por meio de um sistema de amostragem e georreferenciamento das plantas em um talhão de *Coffea arabica*. Esse autor concluiu que existia variabilidade espacial para produtividade dentro da área estudada, indicando que esta variabilidade seguia

um padrão de distribuição sem entretanto determinar que fator poderia ser a causa deste Fenómeno.

Uma das formas de determinação da variabilidade e do conhecimento da sua distribuição é por meio do estudo da autocorrelação espacial. De forma geral, pode-se dizer que a autocorrelação espacial significa que uma variável estudada em um dado local tem uma associação ou dependência com o valor dessa variável nas localidades vizinhas à medida que se modifica a escala geográfica. É uma medida estatística da dependência entre as observações coletadas ao longo do espaço.

Deste modo, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de obter maiores informações a respeito da distribuição espacial e temporal da qualidade de bebida do café cereja, compreendendo o seu processo de dispersão em uma mesma propriedade, durante cinco safras consecutivas.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com dados das safras de 2003/2004 a 2007/2008, da fazenda Braúna, situada no município de Araponga, MG. A propriedade possui, aproximadamente, 86 ha cultivados com café da espécie *Coffea arabica* L.

Na Figura 1 está representado um mapa do limite da fazenda Braúna com as três regiões produtoras.

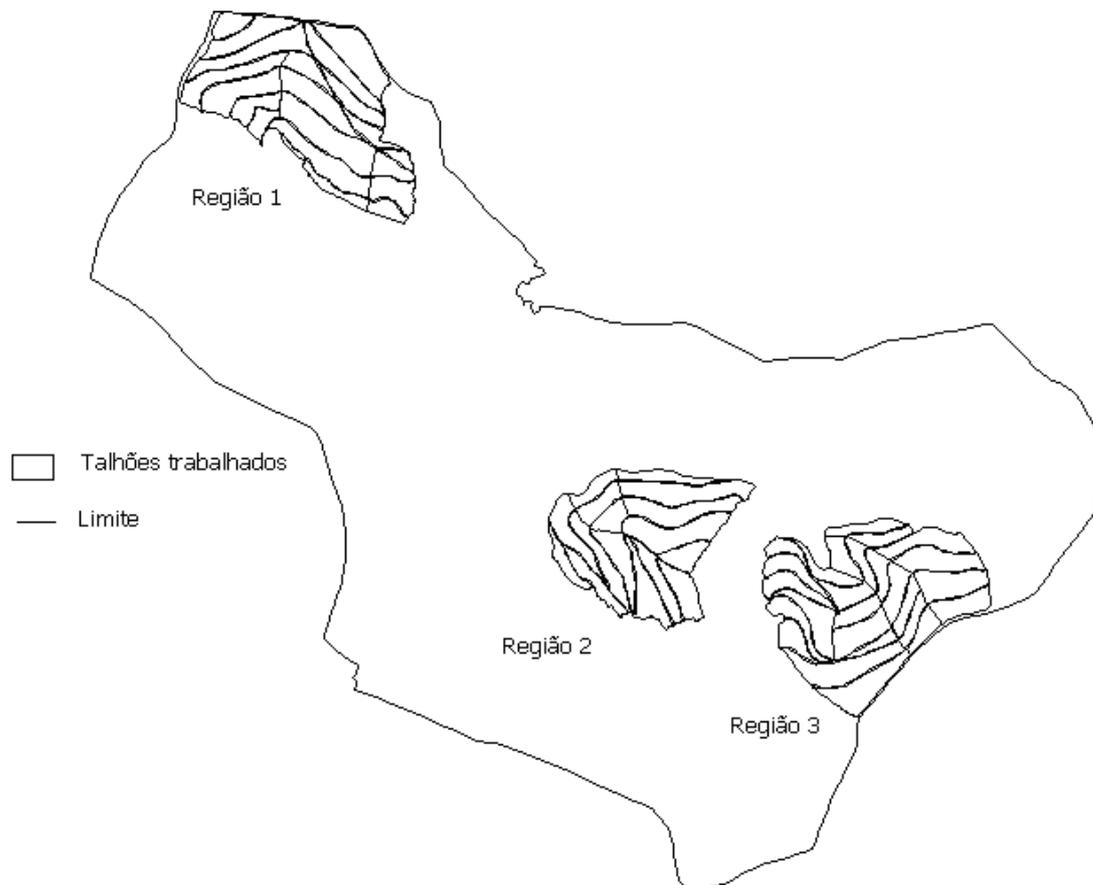


Figura 1. Fazenda Braúna com a representação das três regiões trabalhadas.

Amostragem dos frutos e determinação da qualidade

Em cada talhão, no momento da colheita, foram amostradas 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. Estes frutos coletados foram agrupados formando uma amostra por talhão.

As amostras de frutos cereja foram despulpadas, utilizando-se um despulpador manual com fluxo de água contínuo. As amostras despulpadas foram secas, artificialmente, com temperatura do ar de secagem de 40 °C, até atingirem a umidade aproximada de 12% b.u. Para a secagem foi utilizado um secador de amostras de leito fixo em bandejas, com queimador à gás.

As amostras secas foram beneficiadas e de cada uma foram retirados 300 g que foram acondicionadas em embalagens de plástico e armazenadas durante dois meses, até a realização do teste de qualidade de bebida.

O teste de qualidade de bebida foi realizado por dois provadores, efetuando-se apenas uma determinação por degustador por amostra. Cada amostra foi composta de três xícaras que foram analisadas quanto às características sensoriais do café com base nas regras de competição da Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, 2004). O café foi analisado quanto ao seu aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa, a análise deste conjunto de critérios de qualidade determinou o valor da nota final global de cada amostra. Foram calculadas as médias de valores dos critérios de qualidade, obtendo-se uma nota única de qualidade por amostra.

Caracterização climática

Com o intuito de caracterizar o clima durante o período correspondente às duas safras, foi utilizado um banco de dados da estação climatológica pertencente ao INMET, localizada na Universidade Federal de Viçosa (UFV) – MG a 20°25'S e 42°52'W e altitude de 657 m. A estação está localizada a 32 km da Fazenda Braúna.

Os dados utilizados para a caracterização foram a temperatura média, mínima e máxima (°C), a precipitação acumulada (mm) e a umidade do ar (%). Foram calculadas as médias mensais de cada um dos parâmetros climáticos citados.

Para facilitar a compreensão da relação clima-qualidade, os dados também foram ordenados segundo a sucessão das fases vegetativas e reprodutivas dos cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L., nas condições climáticas tropicais do Brasil (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

O ciclo fenológico, que ocorre em aproximadamente dois anos, foi subdividido em seis fases distintas: (1) vegetação e formação das gemas foliares; (2) indução e maturação das gemas florais; (3) florada; (4) granação dos frutos; (5)

maturação dos frutos e (6) repouso e senescência dos ramos terçoários e quaternários, a representação gráfica deste ciclo é descrita na Figura 2.



Figura 2. Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil segundo Camargo & Camargo (2001).

Geração dos mapas temáticos

Foi realizado o levantamento planialtimétrico do limite da fazenda e dos talhões utilizando um receptor GPS, modelo PROXRS, marca TRIMBLE, com correção diferencial. A base do IBGE de Viçosa-MG foi utilizada para correção diferencial pós-processada.

O programa computacional AutoCAD, versão 2004, foi utilizado para edição vetorial da planta planimétrica.

O módulo ArcCatalog do programa computacional ArcGIS (ESRI), versão 9.2, foi utilizado para criar o banco de dados geográficos. O banco de dados foi formado pela planta planimétrica e por uma planilha contendo os dados de caracterização da área e de qualidade de bebida do café.

No módulo ArcMap do ArcGIS foram gerados os mapas de variabilidade espacial de qualidade de bebida para cada uma das cinco safras analisadas (2003/2004 a 2007/2008). Também foi gerado um mapa temático da qualidade média produzida por cada talhão ao longo das cinco safras.

Com o intuito de analisar a variabilidade temporal da qualidade foi calculado o coeficiente de variação para cada talhão ao longo das cinco safras consecutivas. Então, foram estudadas as relações entre o mapa de qualidade média e o mapa da variabilidade do coeficiente de variação.

Estudo da relação 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). Nesta análise se testa a hipótese direcional, na qual se considera que o arranjo pode ser aglomerado ou disperso. Essa hipótese foi testada por meio do teste Z, definindo 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 as 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 é utilizado o índice de Moran (I), descrito pela Equação 1.

$$I = - \frac{n \sum (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{J \sum (x_j - \bar{x})^2} \quad (1)$$

em que,

I = índice de Moran

n = número de áreas da região em estudo;

J = número de uniões destas áreas;

x = variável ordinária ou intervalar para a área;

\bar{x} = média de todos os valores da variável x;

x_i e x_j = lados opostos das uniões.

A aplicação do índice de Moran (I) pode ser demonstrada a partir do mapa na Figura 3.

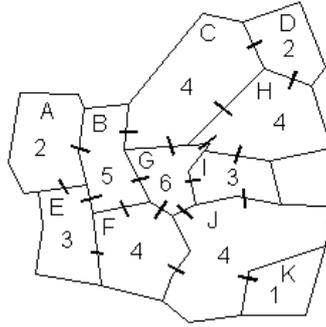


Figura 3. Esquema demonstrativo do número de uniões para cada talhão.

No mapa foi contado o número de talhões e junções pertencentes a cada um, que são representadas pelo traço nos pares de áreas contíguas. Por meio destes dados, foi calculado o valor esperado para o índice de Moran sob a hipótese de nulidade da normalidade, de acordo com a Equação 2.

$$E_1 = -\frac{1}{n-1} \quad (2)$$

em que,

E_1 = número esperado do índice de Moran.

A Equação 3 descreve o desvio padrão do índice de Moran.

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{n^2 J + 3J^2 - n \sum L^2}{J^2 (n^2 - 1)}} \quad (3)$$

em que,

σ_1 = desvio padrão do índice de Moran.

O valor previamente calculado de I pode ser convertido a um desvio de padrão normal usando a Equação 4:

$$z = \frac{I - E_1}{\sigma_1} \quad (4)$$

Assim sendo, será testada a hipótese de nulidade de que a autocorrelação espacial para a qualidade de bebida é nula.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 4, 5 e 6 estão apresentados os gráficos mostrando a variação das temperaturas mínima, média e máxima para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, nas cinco fases fenológicas do café, segundo a classificação de Camargo e Camargo (2001).

Observando-se estas fases, que são importantes na geração e desenvolvimento dos frutos, não se notou diferença evidente para as safras no que dizem respeito às temperaturas mínimas e médias; todas as curvas tiveram a mesma tendência e valores próximos. Já para a temperatura máxima houve uma maior variação entre as safras, principalmente nas fases fenológicas 2, 3 e 4.

Com relação à precipitação acumulada em cada fase fenológica, Figura 7, as maiores diferenças entre as safras foram observadas nas fases 1, 3 e 4, que são, respectivamente, vegetação e formação das gemas foliares, florada e granação dos frutos. As safras 2003/2004 e 2004/2005 apresentaram volume acumulado de precipitação superior às demais, isto ocorreu em cada fase isoladamente e no acumulado do período representado na Figura 8, obtiveram também mais dias de chuva (acima de 1 mm) que as demais safras, Figura 9.

Para a umidade relativa do ar, Figura 10, as maiores diferenças entre as safras foram observadas nas fases 2, 3 e 5, respectivamente, indução e maturação das gemas florais, florada e maturação dos frutos.

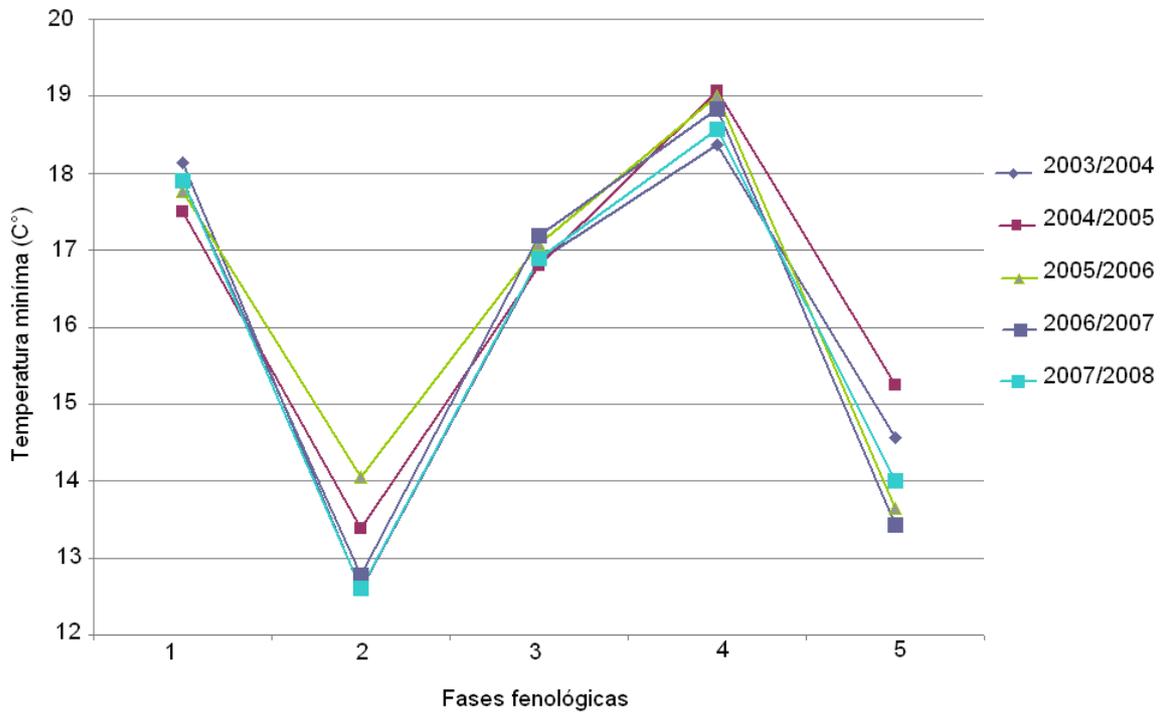


Figura 4. Temperatura mínima do ar para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, segundo os estádios fenológicos do cafeeiro.

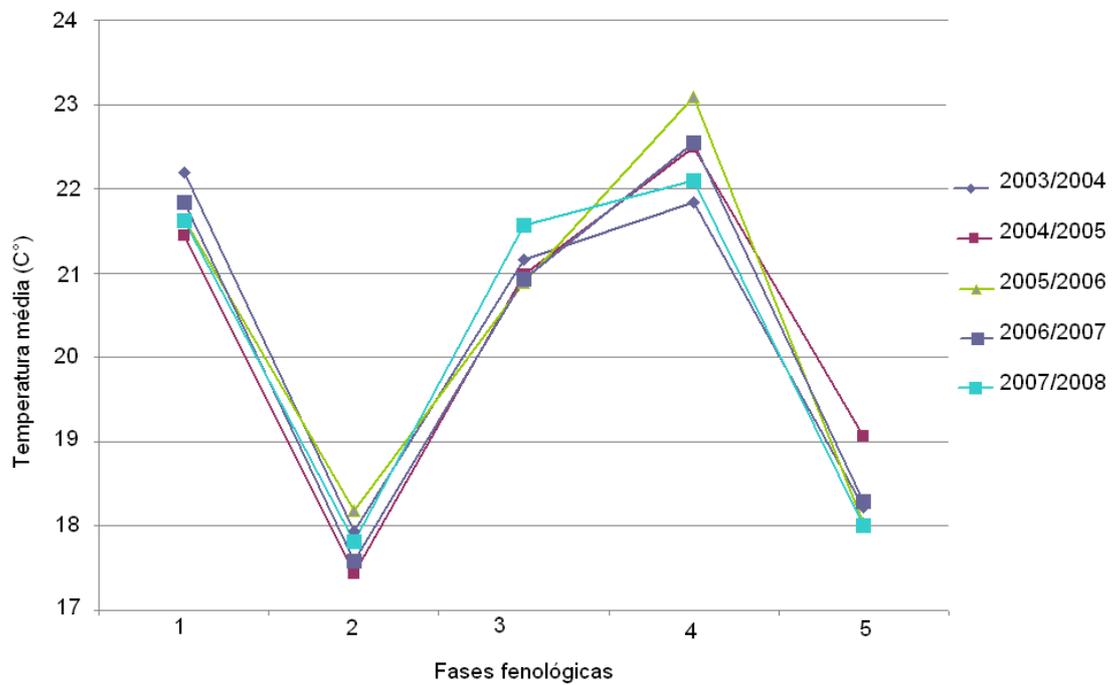


Figura 5. Temperatura média do ar para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, segundo os estádios fenológicos do cafeeiro.

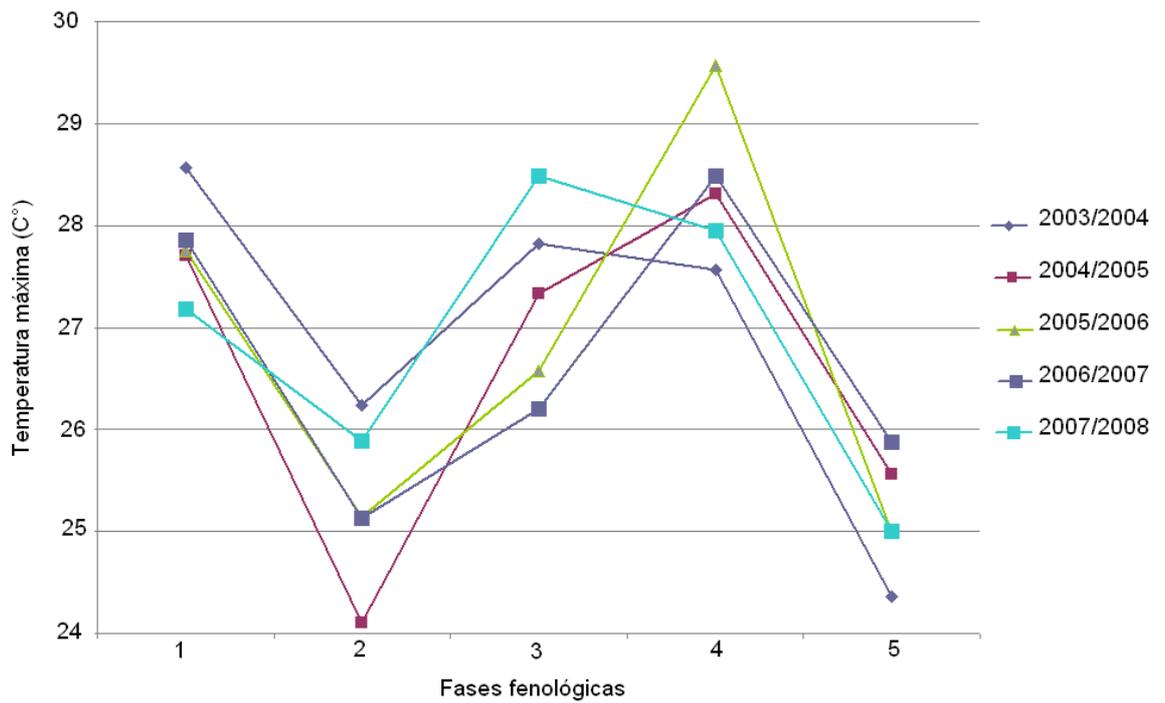


Figura 6. Temperatura máxima do ar para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, segundo os estádios fenológicos do cafeeiro.

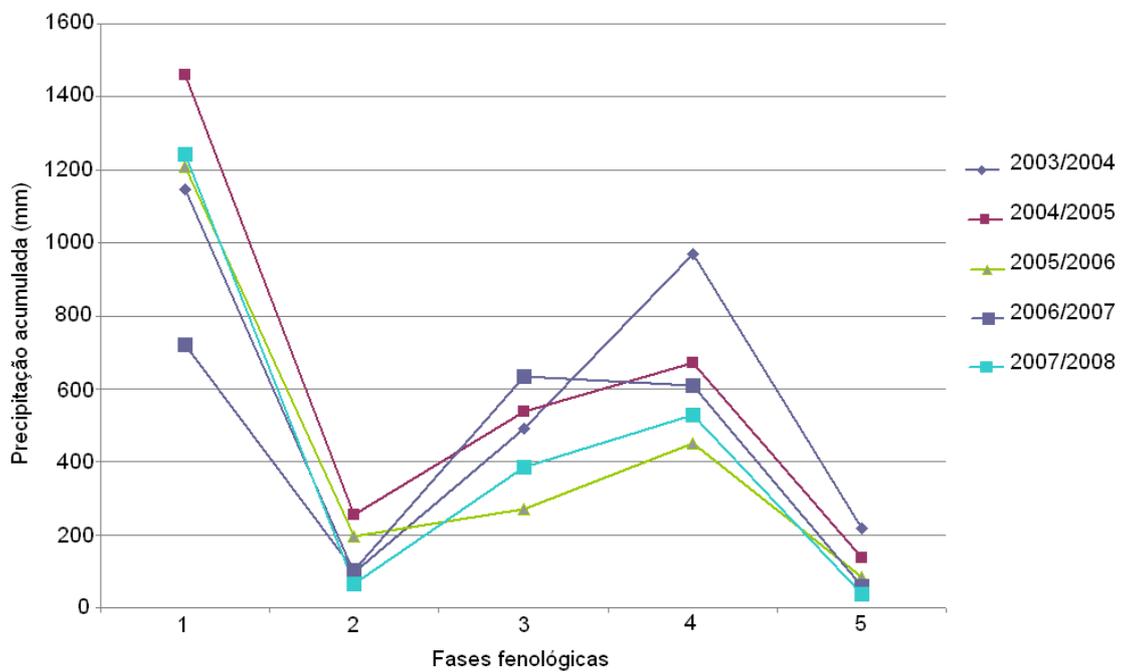


Figura 7. Precipitação acumulada para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, segundo os estádios fenológicos do cafeeiro.

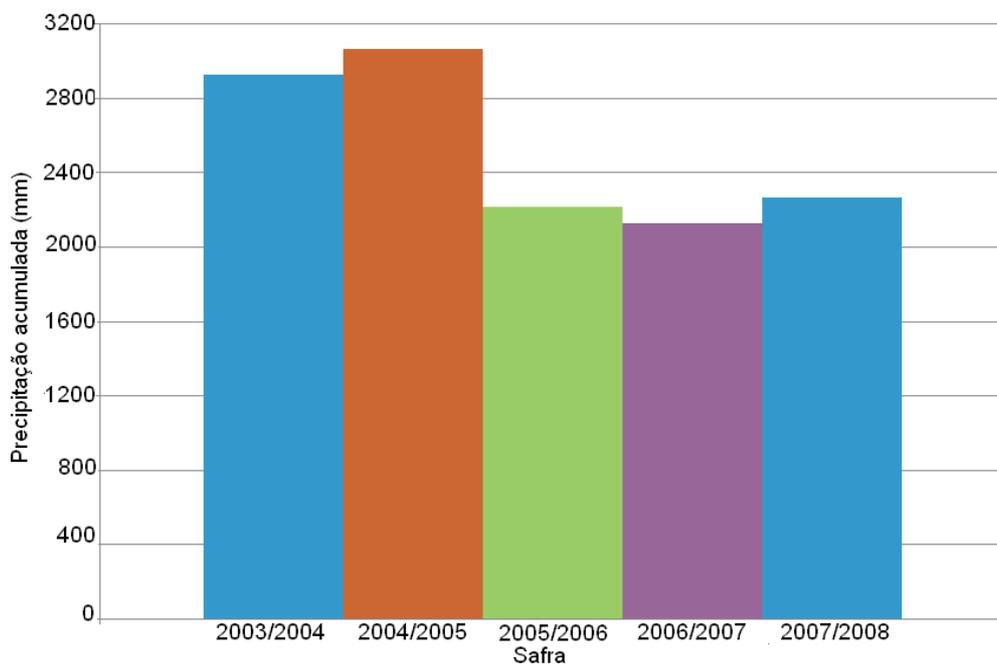


Figura 8. Precipitação acumulada para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, durante o ciclo fenológico do cafeeiro de 1 a 5.

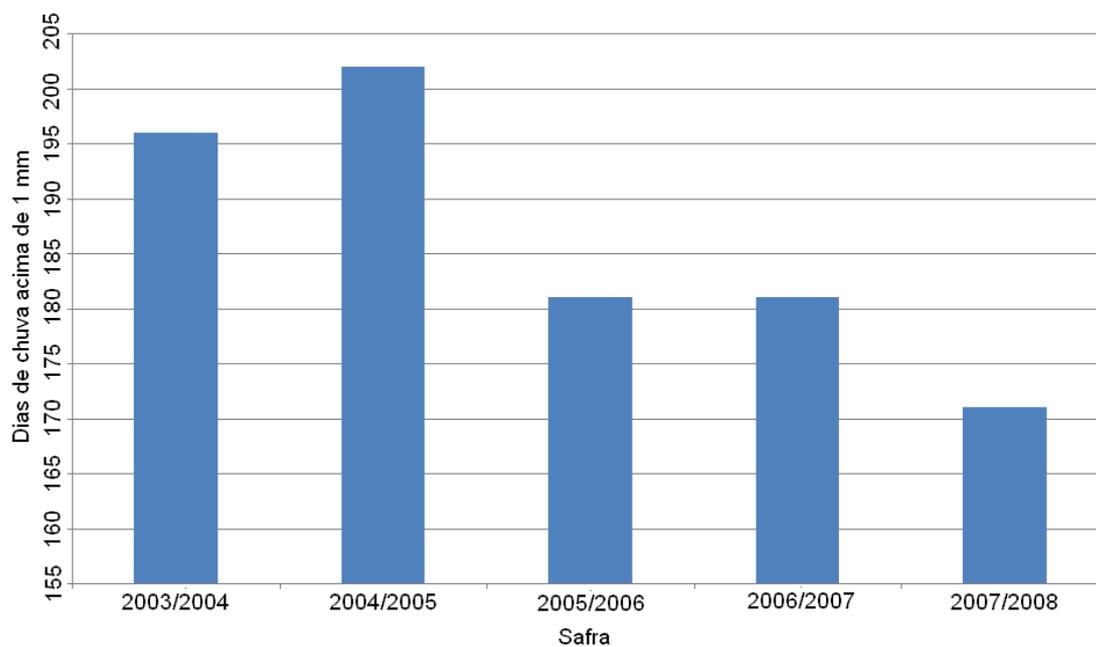


Figura 9. Dias de chuva superiores a 1 mm para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, durante o ciclo fenológico do cafeeiro de 1 a 5.

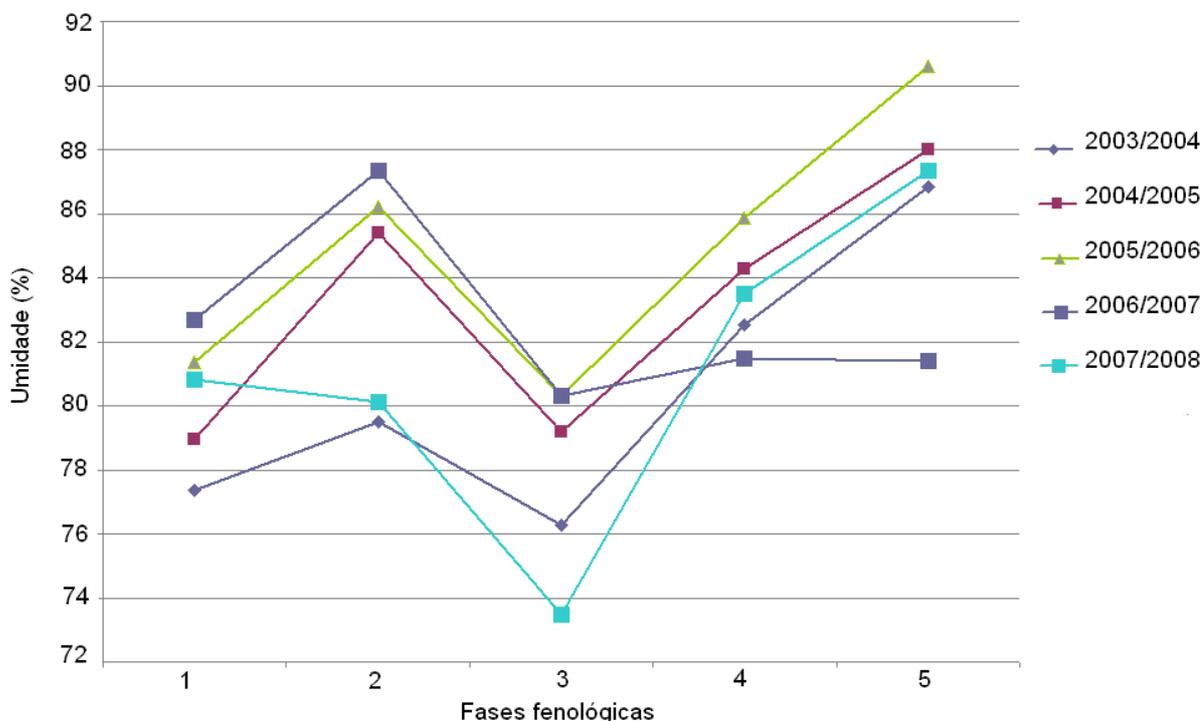


Figura 10. Umidade relativa média do ar para as safras de 2003/2004 a 2007/2008, segundo os estádios fenológicos do cafeeiro.

Na Figura 11, apresentam-se os histogramas das notas de qualidade de bebida do café cereja para as safras de 2003/2004 a 2007/2008. Observa-se que, para todas as safras, a maioria dos talhões produziu frutos de café com boa qualidade de bebida, ou seja, com notas acima de 70 no teste de xícara. Este resultado indica que, com um processamento pós-colheita adequado pode-se obter um produto com bebida de boa qualidade.

Se a boa qualidade é possível de ser obtida com uma coleta seletiva e processamento correto dos frutos, o mesmo não se pode dizer dos cafés considerados especiais (notas acima de 80). Ao longo das cinco safras consecutivas, houve uma variação de 13% a 59% dos talhões produzindo qualidade superior (Tabela1). Ou seja, existe algum fator, seja ele, cultural,

climático ou de solo que age isoladamente ou de forma combinada produzindo frutos com qualidade diferenciada.

Portanto, embora sendo determinante na qualidade de bebida do café, o processamento pós-colheita não faz com que a qualidade melhore, mesmo quando bem sucedido. O que ocorre é a manutenção de uma qualidade que é inerente ao local de origem do café produzido, demonstrando a importância dos fatores pré-colheita que são fontes de variabilidade na lavoura.

No gráfico de caixa da Figura 12, está representada a distribuição das notas de qualidade para as safras de 2003/2004 a 2007/2008. Observa-se que, as medidas de dispersão foram próximas para as safras de 2003/2004 e 2004/2005 (médias de 77.56 e 76.54), enquanto que as safras de 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008 também foram semelhantes entre si e com tendência a apresentar notas superiores de qualidade (médias de 80.88, 80.24 e 81.20, respectivamente). Dentre todas as safras, a 2007/2008 foi a que apresentou menor dispersão dos dados, com desvio padrão de 1.91.

Isto demonstra que, além de existir uma variabilidade de qualidade de bebida produzidos dentro de uma mesma safra, também existe algum fator de natureza temporal que pode ter influenciado as notas de qualidade de bebida.

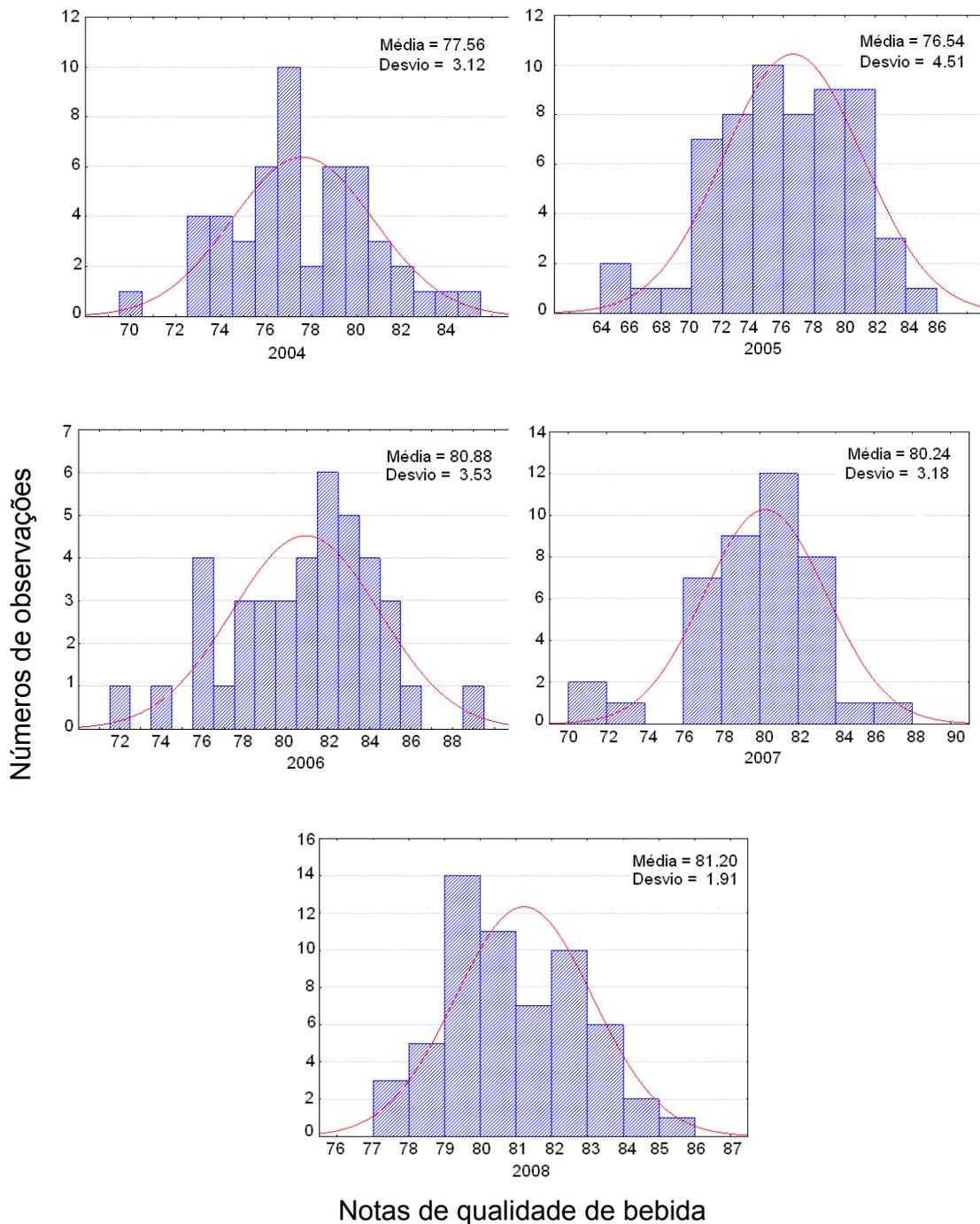


Figura 11. Histogramas da dispersão das notas de qualidade de bebida do café para as safras de 2003/2004 a 2007/2008.

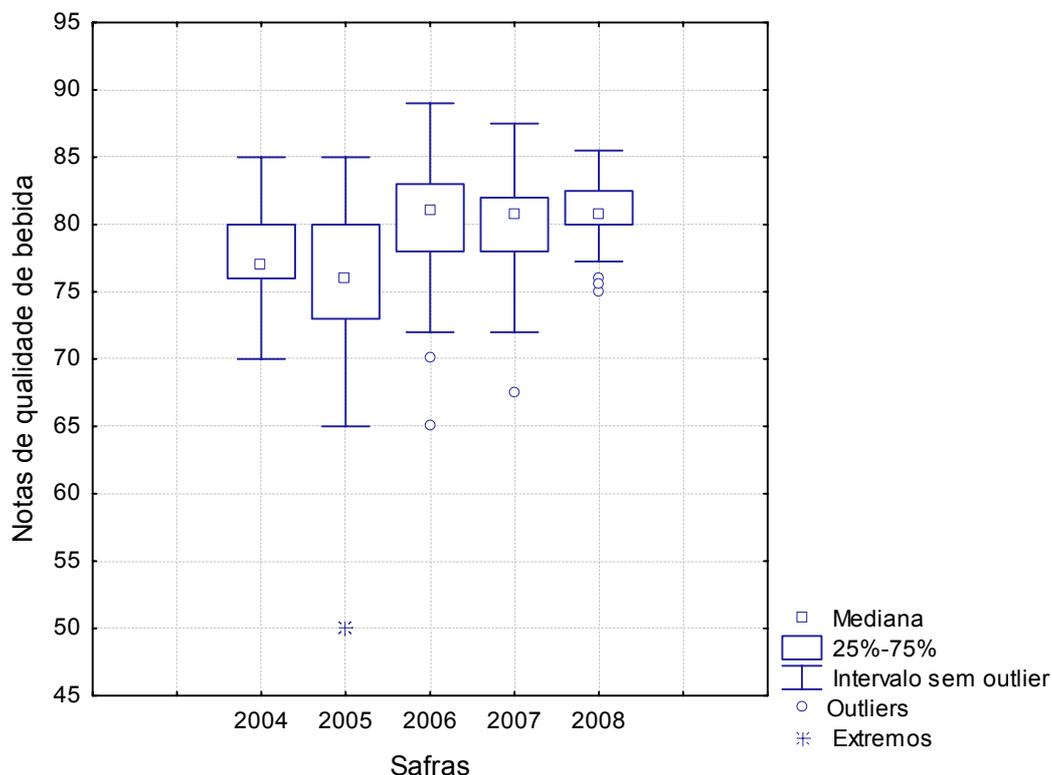


Figura 12. Gráfico de caixa da distribuição das notas de qualidade de bebida para as safras de 2003/2004 a 2007/2008.

Nas Figuras 13, 14, 15, 16 e 17 estão representados os mapas de distribuição espacial das notas obtidas para qualidade de bebida do café cereja para as safras de 2003/2004 a 2007/2008. Observa-se que, existe variabilidade espacial da qualidade de bebida do café cereja produzido. Esta variabilidade era esperada, uma vez que a fazenda apresenta características de solo e culturais (variedade, idade, espaçamento, face de exposição) distintas para a maioria dos talhões.

Segundo Lopes (2000), a composição química dos grãos, determinada por fatores genéticos, ambientais e culturais, bem como os métodos de colheita, processamento e armazenamento são importantes por afetarem diretamente a qualidade da bebida do café. A torração e o preparo da bebida modificam a constituição química dos grãos, mas essas alterações são dependentes da composição original dos mesmos.

Na safra 2003/2004, 13% dos talhões trabalhados produziram café de qualidade especial, sendo que 100% deste café especial estavam na região 3. Na Safra seguinte, 2004/2005, 14% dos talhões produziram café especial e 90% desse café estava novamente na região 3. Nota-se que para estas duas safras houve um destaque para a região 3 em relação às demais. Entretanto, apesar desta região continuar a apresentar maior percentual de notas superiores a 80, esta tendência foi se atenuando nas safras posteriores. Isto se deve ao fato de um aumento do número de talhões produzindo qualidade superior na propriedade de forma geral.

Em 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008, respectivamente, 59%, 56% e 57% de todos os talhões da fazenda produziram café de qualidade especial. demonstrando que alguns talhões que nas duas primeiras safras não produziram café de qualidade, passaram a produzir nas seguintes.

A percentagem de talhões que produziram café de qualidade especial durante as cinco safras, para as regiões 1, 2 e 3, está representada na Tabela 1. Observa-se que houve uma variação da percentagem de talhões com café especial ao longo dos anos. A região 3 sempre se destacou em relação às demais, a exceção fica para a safra 2007/2008, em que, a região 1 apresentou um percentual de talhões com café especial mais alto que as demais. Isto se explica em parte pelo fato desta região ter sido recepada em 2005; o café cresceu vigoroso, sem competição por nutrientes e luz.

Tabela 1. Percentagem de talhões que produziram café de qualidade especial, com nota acima de 80, nas safras de 2003/2004 a 2007/2008

Safras	Regiões produtoras de café			
	Região 1	Região 2	Região 3	Fazenda Toda
2003/2004	0	0	27	13
2004/2005	5	0	35	14
2005/2006	-	50	61	59
2006/2007	-	44	73	56
2007/2008	70	44	43	57*

* Comparando apenas as regiões 2 e 3, como nas safras anteriores, o valor será de 43% dos talhões produzindo café de qualidade especial.

Ao analisar conjuntamente os mapas das cinco safras nota-se que além da variabilidade espacial existe uma variabilidade temporal da qualidade de bebida. Se os fatores acima mencionados (genéticos, ambientais e culturais) são causadores da variabilidade espacial, pode-se considerar que o efeito conjunto destes fatores e do clima pode ser responsável pela variabilidade temporal no campo.

As safras 2003/2004 e 2004/2005 foram as que apresentaram resultados inferiores com relação ao número de talhões com qualidade especial, isto foi visualizado nas Figuras 13 e 14 e na Tabela 1. Ao se traçar uma relação do perfil climatológico destas safras, nota-se que as precipitações acumuladas, em cada fase fenológica e na soma destas, foram superiores às demais. Foram cerca de 2922 mm e 3059 mm para as safras 2003/2004 e 2004/2005, respectivamente. Considerando que, para as demais safras juntas a média foi de 2198 mm, com desvio padrão de 68 mm, a precipitação nas safras 2003/2004 e 2004/2005 foram 25% e 28%, respectivamente, superior às demais.

Como a fazenda em que foram realizados os estudos se encontra localizada em uma região montanhosa “cafés das Matas de Minas”, todo manejo da lavoura (poda, capina, aplicação de insumos) é realizada, quase que totalmente, de forma manual. Altos regimes pluviométricos indicam muitos dias chuvosos (Figura 9) que acabaram por debilitar todo o manejo da lavoura. Assim sendo, as plantas de café podem ter sido submetidas a um período maior de competição com plantas daninhas ou mesmo sem a pulverização de algum defensivo ou fertilizante.

Outra implicação com relação a um regime hídrico abundante pode ser a lixiviação de nutrientes presentes no solo. Como a grande maioria das áreas se encontra em grandes declividades, isto aumenta a perda de nutrientes e até mesmo de solo em situações mais extremas.

Ressalta-se ainda que, para estas safras, a umidade relativa do ar foi mais elevada que as demais durante o período da colheita. Isto aliado a temperaturas ambientes elevadas favorece ao ataque de fungos. Na safra 2004/2005 cerca de 10% dos talhões apresentaram notas inferiores a 70, ou seja, qualidade inferior de

gosto adstringente e/ou fermentado. Como o processamento foi realizado dentro dos padrões esperados para produção de qualidade e feito igualmente para todas as amostras, existe uma possibilidade alta de que os frutos provenientes destas áreas fermentaram ainda no campo.

Estes frutos são ricos em açúcares (glicose, frutose e sacarose) que são um excelente substrato para suporte a proliferação de fungos e bactérias em condições favoráveis de umidade e temperatura.

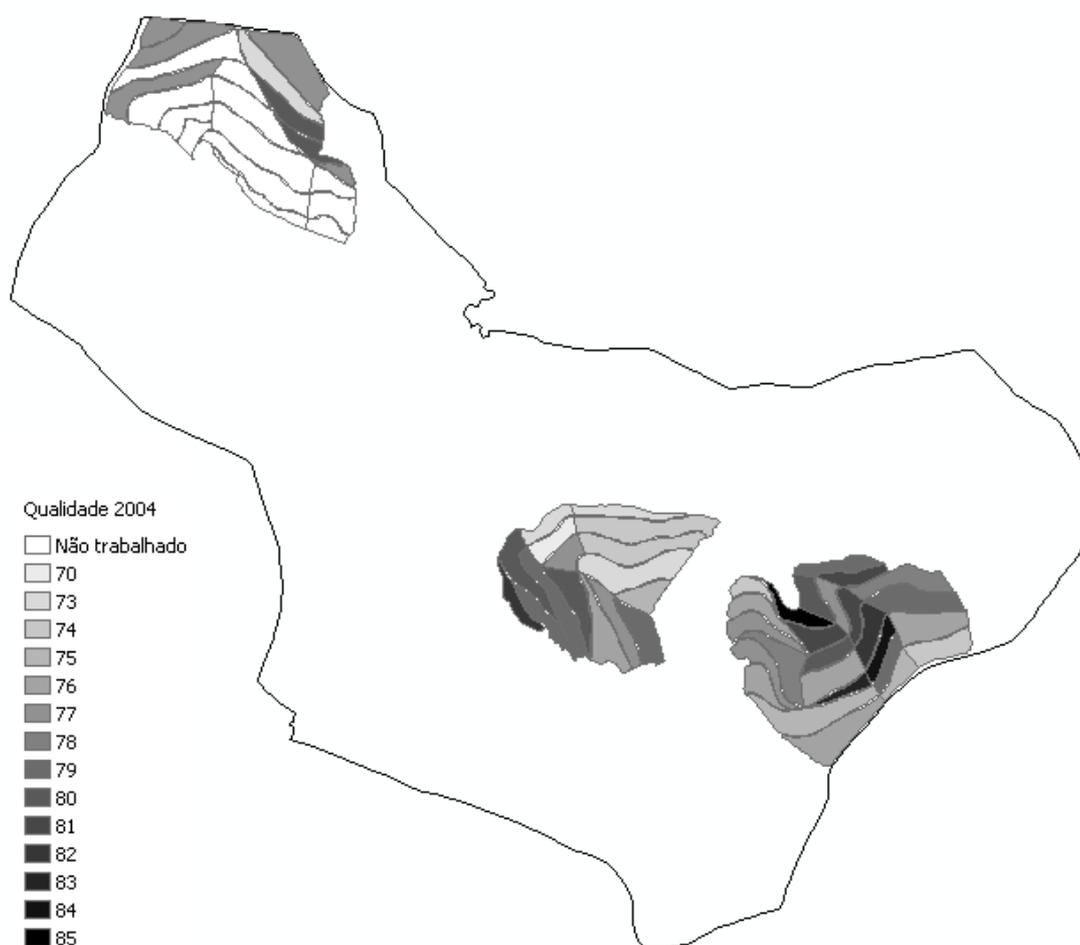


Figura 13. Variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade de bebida do café cereja na safra 2003/2004.

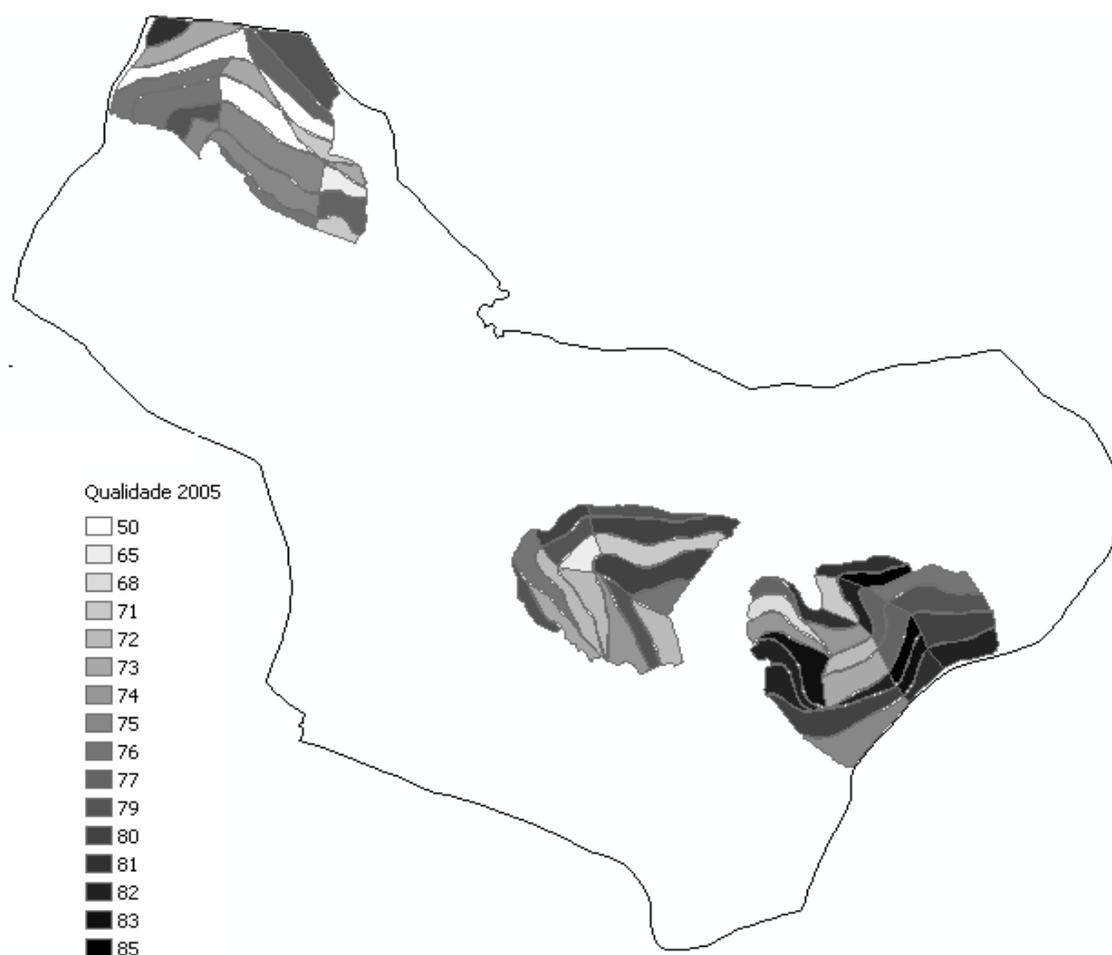


Figura 14. Variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade de bebida do café cereja na safra 2004/2005.

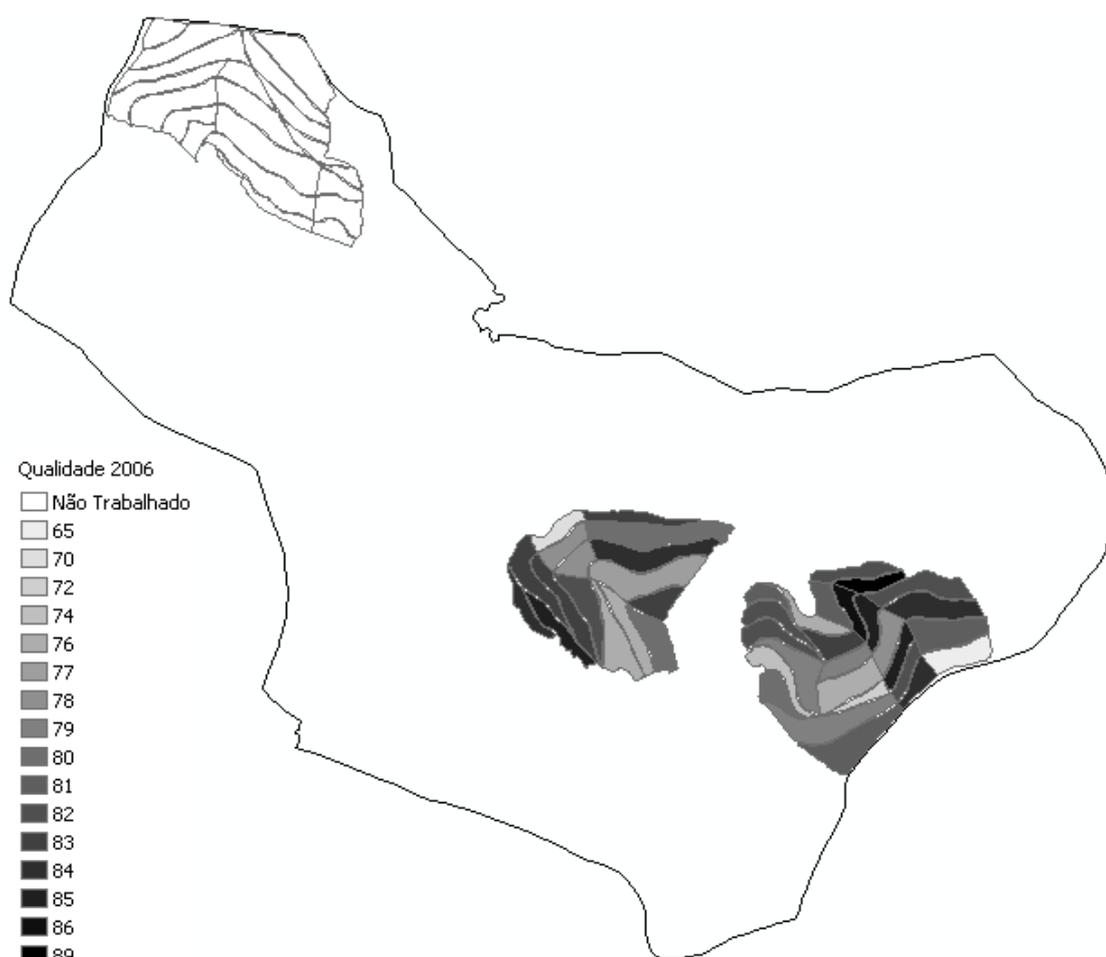


Figura 15. Variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade de bebida do café cereja na safra 2005/2006.

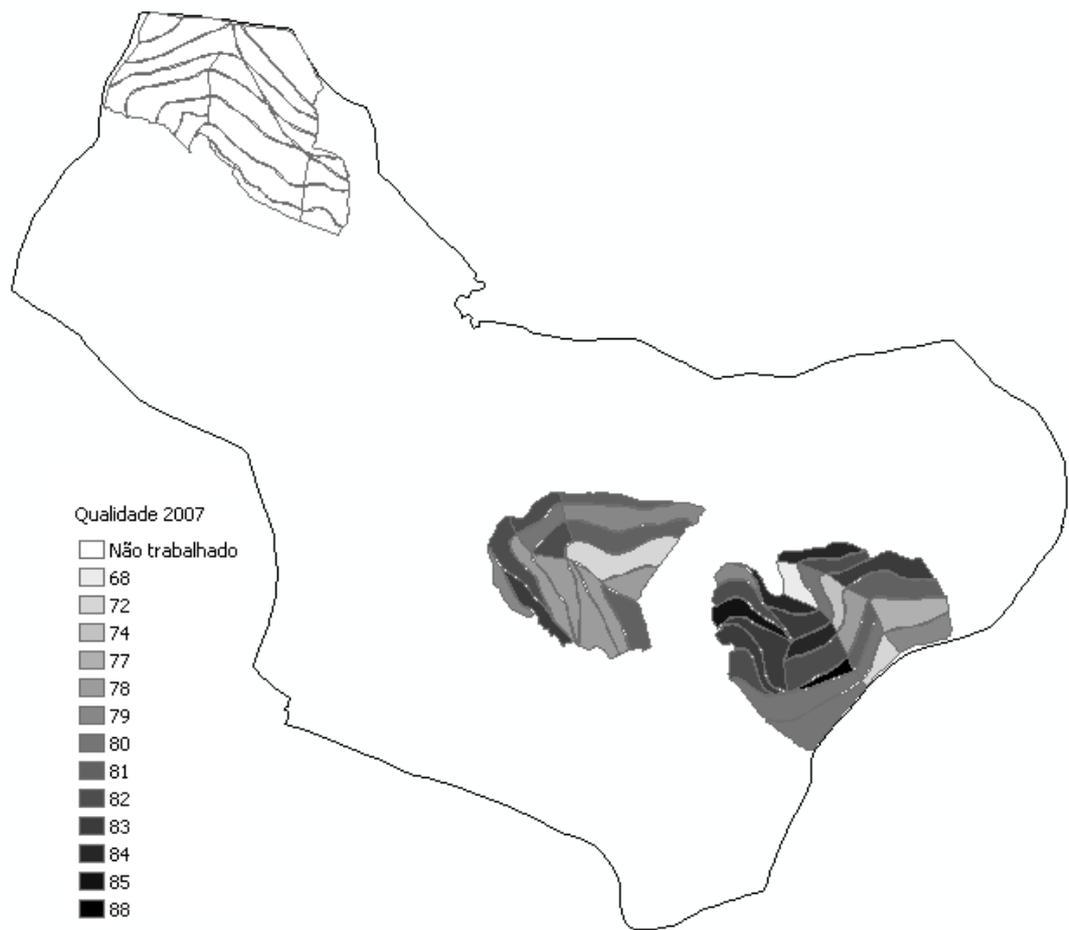


Figura 16. Variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade de bebida do café cereja na safra 2006/2007.

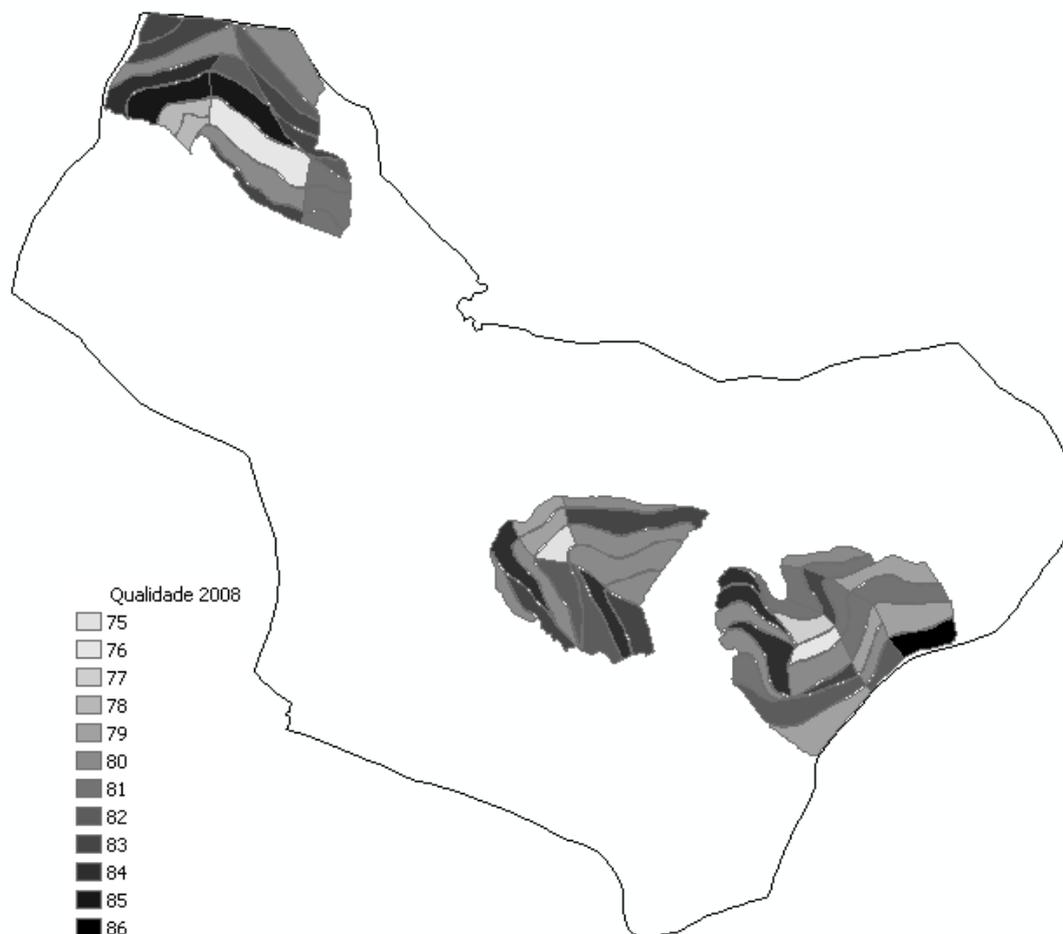


Figura 17. Variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade de bebida do café cereja na safra 2007/2008.

Apesar da boa qualidade de bebida para quase todas as amostras, em todas as safras trabalhadas, apenas um grupo seletivo de talhões (Tabela 1) apresentaram notas acima de 80, produzindo café especial quanto à qualidade de bebida, estes resultados indicam a ocorrência de variabilidade dentro da fazenda.

Observa-se que, existe na fazenda, safra após safra, zonas com tendência para qualidade semelhante, formando agrupamentos ou aglomerados. Entretanto, estes agrupamentos não tiveram a mesma localização ao longo dos anos.

Para a seleção dos talhões considerados especiais com relação à qualidade de bebida, foi realizado o cálculo da nota média de qualidade, produzida

durante as cinco safras. Foram considerados especiais os talhões que obtiveram notas médias de qualidade superior a 80 pontos.

O mapa com a seleção dos melhores talhões, ao longo das cinco safras, pode ser visto na Figura 18, em que, a maioria dos talhões com qualidade especial está na região 3. As características destes talhões devem ser estudadas e seu microclima monitorado com o intuito de entender que fatores são determinantes da melhor qualidade. Em termos operacionais, estes talhões devem ser manejados de forma diferenciada e seus frutos processados separadamente de forma que não se perca esta qualidade que é intrínseca ao seu local de origem.

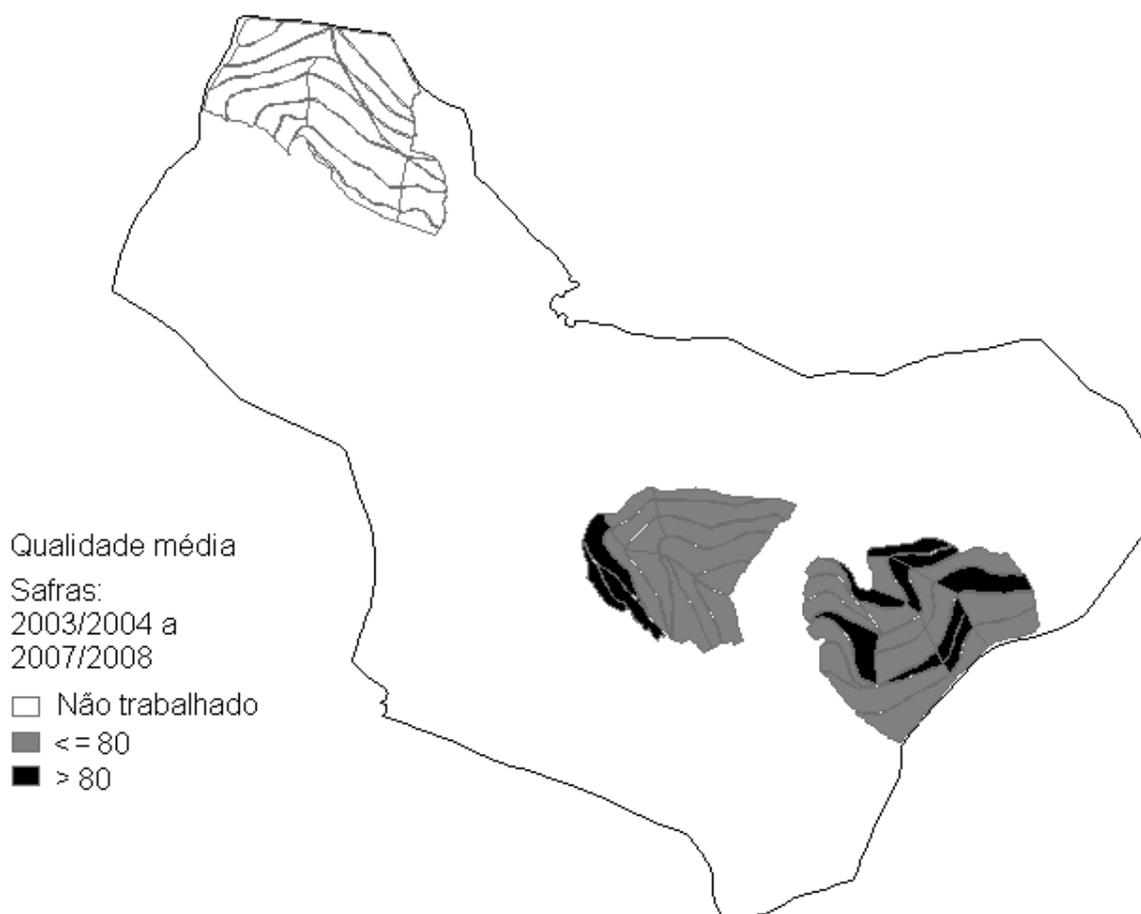


Figura 18. Variabilidade espacial das notas obtidas para a qualidade de bebida da média das safras de 2003/2004 a 2007/2008.

Na Figura 19 está representada a variabilidade temporal da qualidade do café durante as safras de 2003/2004 a 2007/2008, calculada por meio do coeficiente de variação. Nas regiões 2 e 3 o coeficiente de variação foi de 10%, valor esse que pode ser considerado baixo (PIMENTEL, 1981). É interessante salientar que, ao se comparar os mapas da variabilidade espacial da qualidade média para as cinco safras (Figura 18) com o mapa de coeficiente de variação, 86% dos talhões com qualidade média maior ou igual a 80 estavam nas áreas de coeficiente de variação menor que 4%, indicando que os talhões selecionados como especiais tiveram menor variabilidade temporal, sendo, portanto considerados mais estáveis com relação a produção de café de qualidade.

Por meio da análise conjunta dos mapas das Figuras 18 e 19, o produtor pode selecionar na propriedade quais são os talhões que tem por excelência a produção de café de qualidade de forma constante ao longo dos anos. Se este estudo for continuado, pode-se criar, assim com é feito pelos vinicultores, as regiões de “terroir”. Os “terroir” são áreas de produção de qualidade diferenciada, ou seja, zonas de manejo onde a qualidade é intrínseca ao local de origem que conferem aos produtos características emblemáticas e extremamente comerciais. Em regiões da França, as uvas foram cultivadas por mais de 1700 anos, e os vinicultores destes locais tiveram tempo suficiente para compreender como o “vintage” variava nos seus vinhedos, e geralmente, os limites do campo foram estabelecidos segundo esse critério de referência de qualidade (UNMIN, 1996).

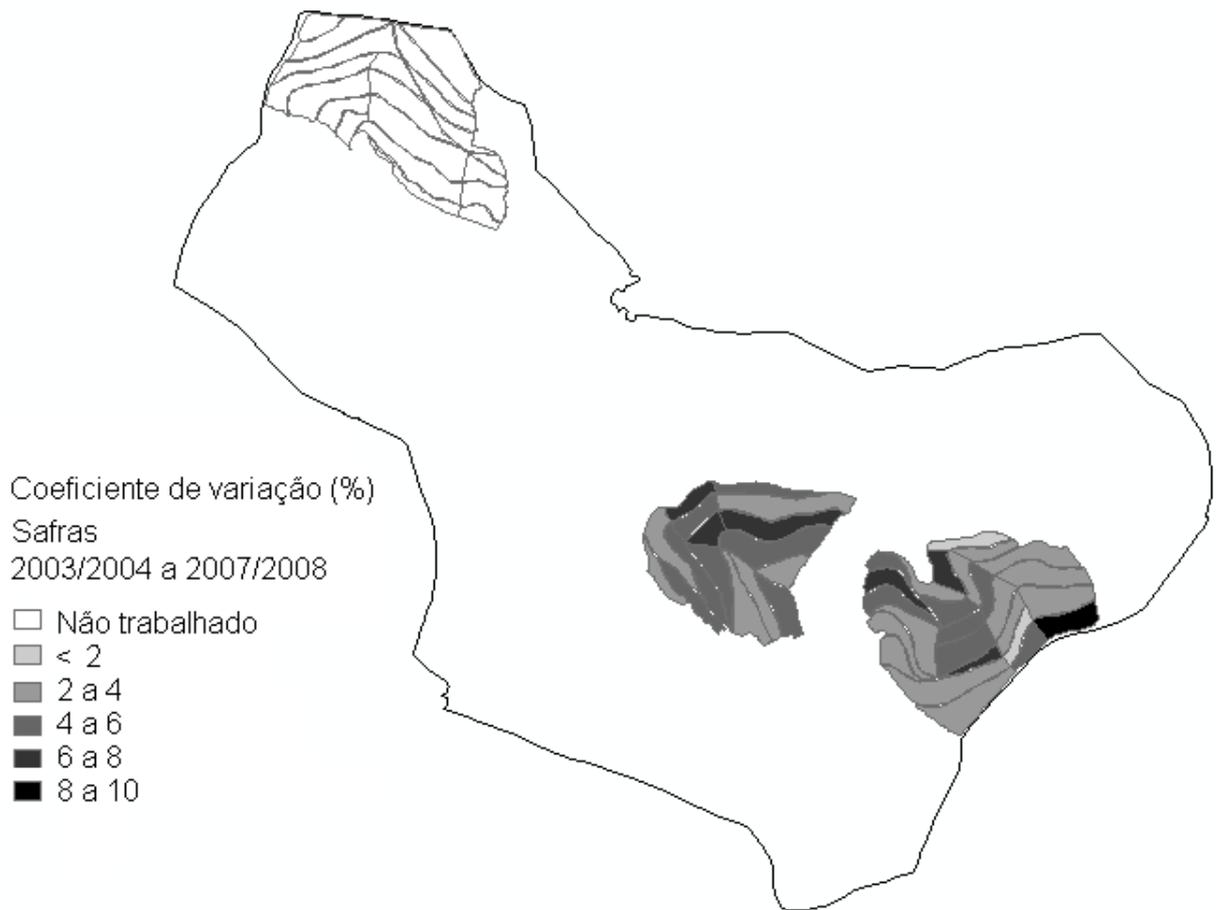


Figura 19. Coeficiente de variação das notas de qualidade de bebida das safras de 2003/2004 a 2007/2008.

Nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 estão representados os valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para as notas de qualidade durante as safras de 2003/2004 a 2007/2008. Os índices (I) indicam o comportamento da autocorrelação em que valores próximos de zero e negativos, demonstram tendência para valores dispersos, enquanto valores positivos indicam tendência de aglomeração das áreas contíguas.

Na safra 2003/2004, Tabela 2, as regiões 2 e 3 apresentaram valores positivos para o índice de Moran (0,26 e 0,21, respectivamente). Ao se efetuar o teste de significância ao nível de 10%, somente a região 3 apresentou valor de z calculado maior que o tabelado rejeitando-se a hipótese de nulidade, de autocorrelação nula para a distribuição espacial das notas nos talhões.

A região 3, segundo a classificação de Ebdon (1997), apresenta uma distribuição aglomerada e medianamente forte levando-se em consideração que o índice de Moran varia de -1 a 1. É interessante notar que essa região apresentou também a maior média dos valores de qualidade (78,42). Demonstrando que existe nessa região uma tendência a produzir cafés de melhor qualidade e que a mesma segue uma dependência espacial em função de algum atributo como solo, microclima, cultural e genética.

Essas análises demonstram a priori que existe uma forte relação espacial entre alta qualidade de bebida e as características dos locais de produção. Entretanto, parece que os talhões que produziram qualidade inferior tenderam a se distribuir de forma aleatória na propriedade.

Tabela 2. Valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para o ano 2004.

	Região 1	Região 2	Região 3
Índice de Moran (I)	-	0,26	0,21
Z calculado	-	1,54	1,66*
Número de talhões	-	13	26
Número de uniões	-	17	42
Média das variáveis	-	75,46	78,42
Desvio	-	2,76	2,99

* significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Z. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Z.

Para a safra 2004/2005 (Tabela 3), os resultados foram semelhantes, a região 1 apresentou valores negativos (-0,16), enquanto as regiões 2 e 3 valores positivos para o índice (0,07 e 0,34, respectivamente). Segundo o teste de significância, somente a região 3 apresentou valor de z calculado (2,35) maior que o tabelado (1,96) rejeitando-se a hipótese de nulidade de autocorrelação nula para a distribuição espacial das notas nos talhões. Então, a região 3, apresentou novamente uma distribuição aglomerada e medianamente forte.

Tabela 3. Valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para o ano 2005.

	Região 1	Região 2	Região 3
Índice de Moran (I)	-0,16	0,07	0,34
Z calculado	-0,62	0,72	2,35**
Número de talhões	20	16	21
Número de uniões	27	24	33
Média das variáveis	71,05	75,31	78,10
Desvio	9,47	4,26	4,23

* significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Z. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Z.

Nas safras 2005/2006 e 2006/2007, Tabelas 4 e 5, as regiões 2 e 3 apresentaram valores positivos para o índice de Moran. Entretanto, ao se efetuar o teste de significância, nenhuma das regiões obteve valor Z calculado maior que o tabelado. Sendo assim, se aceitou a hipótese de nulidade de autocorrelação nula para a distribuição espacial das notas nos talhões.

Nota-se que, apesar da região 3 continuar a apresentar notas de qualidade médias superiores, estas não foram tão diferenciadas como nas duas safras anteriores. Em 2005/2006 a região 2 e 3 apresentaram nota média de qualidade de 80,13 e 80,31 (Tabela 4) respectivamente. Enquanto que, em 2006/2007 as médias respectivas para as regiões 2 e 3 foram 79,31 e 80,33 (Tabela 5).

Tabela 4. Valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para o ano 2006.

	Região 1	Região 2	Região 3
Índice de Moran (I)	-	0,08	0,10
Z calculado	-	0,76	0,96
Número de talhões	-	16	26
Número de uniões	-	24	42
Média das variáveis	-	80,13	80,31
Desvio	-	3,92	4,78

* significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Z. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Z.

Tabela 5. Valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para o ano 2007.

	Região 1	Região 2	Região 3
Índice de Moran (I)	-	0,12	0,007
Z calculado	-	1,01	0,23
Número de talhões	-	16	26
Número de uniões	-	24	42
Média das variáveis	-	79,31	80,33
Desvio	-	2,67	4,11

* significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Z. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Z.

Na safra 2007/2008 (Tabela 6), as regiões 1, 2 apresentaram valores positivos para o índice de Moran (0,41 e 0,10 respectivamente). Enquanto que, a região 3 apresentou, pela primeira vez, valor negativo para o índice (-0,12). O teste de significância demonstrou que, somente a região 1 apresentou valor de z calculado maior que o tabelado rejeitando-se a hipótese de nulidade, de autocorrelação nula para a distribuição espacial das notas nos talhões. Esta região apresenta uma distribuição aglomerada e forte por apresentar o índice de Moran próximo a zero.

Este resultado foi interessante, pois, esta foi a primeira safra após a recape do café da região 1 observa-se que houve um incremento da qualidade após esta prática e isto parece também ter influenciado a forma como esta qualidade se distribuiu. Mais uma vez, os resultados demonstram que parece existir uma ligação entre a qualidade e a distribuição espacial, pois durante todas as safras estudadas, somente as regiões que se destacaram em termos da qualidade produzida apresentaram dependência espacial.

Tabela 6. Valores calculados para o índice de Moran e os testes de significância da autocorrelação espacial para o ano 2008.

	Região 1	Região 2	Região 3
Índice de Moran (I)	0,41	0,10	-0,12
Z calculado	2,67**	0,89	-0,54
Número de talhões	20	16	26
Número de uniões	29	24	42
Média das variáveis	81,33	80,86	80,74
Desvio	2,23	2,27	2,13

* significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Z. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Z.

4.4. CONCLUSÕES

Existe relação entre alta qualidade de bebida e as características dos locais de produção, as regiões que se destacaram apresentaram dependência espacial significativa.

As variações dos valores de qualidade na fazenda foram similares para as safras 2003/2004 e 2004/2005 (médias de 77,56 e 76,54), enquanto que as safras 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008 também foram similares entre si e com tendência a apresentar notas superiores de qualidade (médias de 80,88, 80,24 e 81,20, respectivamente). Dentre todas as safras, a de 2007/2008 foi a que apresentou menor dispersão dos dados, com desvio padrão de 1,91.

A região 3 sempre se destacou em relação às demais, a exceção fica para a safra 2008, em que, a região 1 obteve um percentual de talhões com café especial mais alto que as demais.

Além da variabilidade espacial existe uma variabilidade temporal da qualidade de bebida. Sendo que os talhões com maior qualidade média estavam nas áreas de menor coeficiente de variação, indicando que os talhões com qualidade especial tiveram menor variabilidade temporal.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Cafés Especiais – BSCA. **Regras de Competição Nacionais e Internacionais**. Alfenas, 2004. 5 p.

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.

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

LEAL, J.C.G. **Mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café**. 2002. 74f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

LOPES, L.M.V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (Coffea arabica L.)**. 2000. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

OLIVEIRA, A.S.C.; **Mapeamento da Variabilidade Espacial da Produção na Cafeicultura de Montanha**. 2003. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 9. ed. Piracicaba: Nobel, 1981, 468p.

QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; ZANDONADI, R.S.; EMERICH, I.N.; SENA JUNIOR, D.G. Uso de técnicas de agricultura de precisão para a cafeicultura de montanha. In: ZAMBOLIM L. (Ed.) **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa: UFV, 2004.. p. 77-108.

CAPÍTULO 5 – CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DE BEBIDA, GRAU BRIX, “STATUS” NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE E MATURAÇÃO, EM UMA LAVOURA DE CAFÉ SOB PIVÔ CENTRAL

5.1. INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade e, principalmente, a melhoria da qualidade do café têm sido uma busca constante pelos produtores. Entretanto, ambas resultam da interação entre a cultura, meio ambiente e os tratos culturais. Estes fatores, que variam temporal e espacialmente, dificultam a otimização e racionalização da produção, podendo torná-la inviável e pouco competitiva frente aos concorrentes externos.

É conhecido que no desenvolvimento de uma cultura existe uma variabilidade espacial e temporal da produtividade dentro de uma mesma área, principalmente em razão à disponibilidade nutricional e às propriedades físicas e químicas do solo. Assim, determinando essa variabilidade podem-se identificar alguns valores inadequados para propriedades do solo que podem ser corrigidas em tempo hábil, aumentando assim a produtividade (DIKER & BAUSCH, 2003).

Segundo Ortiz (2003), a análise da distribuição espacial das variáveis envolvidas na produção, possibilita a distinção de regiões com menor e maior variabilidade e a geração de mapas de aplicação diferenciada dos insumos agrícolas. Para isso, leva-se em conta a quantidade de nutrientes necessária ao ótimo desenvolvimento do cultivo e a quantidade disponível em diferentes áreas do talhão (variabilidade espacial), promovendo maior eficiência e otimização dos recursos utilizados.

Neste contexto, a agricultura de precisão, que é o manejo dos fatores de produção de forma localizada, levando-se em consideração a sua variabilidade, pode ser uma ferramenta importante nesta busca pela excelência na produção de

café. O emprego das técnicas de agricultura de precisão pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade, e além disso, tais áreas podem ser georreferenciadas e tratadas de maneira diferenciada, uma vez que a cultura é perene e vem sendo, tradicionalmente, cultivada em talhões com áreas relativamente pequenas.

Um dos problemas chaves da agricultura de precisão é a necessidade de uma grade de amostragem densa, a fim de detectar a variabilidade espacial do atributo em estudo e possibilitar a geração de mapas que representem de maneira real tal área. Uma das soluções para este problema vem sendo a geração de zonas de manejo.

Uma zona de manejo é definida como uma sub-região do campo que apresenta uma combinação de fatores limitantes de produtividade e de qualidade para a qual se pode aplicar uma dose uniforme de insumos. A definição de zonas de manejo torna mais fácil a aplicação das técnicas de agricultura de precisão, uma vez que se podem empregar os mesmos sistemas utilizados na agricultura convencional no manejo das culturas.

A experiência dos produtores foi extremamente importante no desenvolvimento da agricultura. Eles sabem identificar quais áreas de uma cultura apresentam maiores e menores rendimentos. O uso desta base de conhecimento pode permitir a identificação de diferentes zonas de manejo com base na história da produção (FLEMING & WESTFALL, 2000).

Para a geração de zonas de manejo existe a necessidade da compreensão do espaço e da maneira como os fatores se distribuem ao longo dele, sendo que, uma ferramenta que vem sendo utilizada para determinar estes padrões de distribuição espacial é a geoestatística. A estatística clássica assume que as amostras são independentes entre si e, portanto há igual probabilidade de ocorrência. Na geoestatística as amostras são dependentes da posição espacial e, portanto não há igual probabilidade de ocorrência para todos os pontos amostrados. A geoestatística aplicada aos dados que foram coletados em pontos cujas coordenadas são conhecidas, dentro da área, possibilita a obtenção da estrutura da variância dos dados (GONÇALVES et al. 2001).

Técnicas para análises de agrupamentos de dados têm sido usadas para a delimitação de zonas de manejo, possibilitando o uso de um conjunto de fatores proeminentes do desenvolvimento das culturas, podendo identificar variabilidades nos cultivos. Estas técnicas têm como objetivo maximizar a variância entre os grupos estabelecidos e minimizar a variância dentro de cada grupo.

Taylor et al. (2003) utilizaram o algoritmo *K-means* para definir zonas de manejo por meio de dados de produtividade e de condutividade elétrica do solo. Concluiu que tais zonas coincidem com diferenças em níveis de nutrientes do solo, assim foi possível formar um banco de dados para realização de uma amostragem mais direcionada.

Este tipo de estudo é interessante, pois quando os bancos de dados são sobrepostos em uma grade padrão; então, os dados de diferentes anos e diferentes sensores podem ser analisados simultaneamente. Isto permite aos estatísticos a identificação de áreas estáveis e/ou variáveis na produção das culturas (TAYLOR et al., 2007).

Sethuramasamyraja et al. (2005) utilizaram o teor de sólidos solúveis (grau brix) e de antocianina dos frutos de uva para determinar zonas de manejo da qualidade do vinho produzido. Estes autores concluíram que existe grande potencial da análise da variabilidade espacial destas variáveis para a otimização da colheita da uva visando à produção de vinho com qualidade

No Brasil, alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de identificar áreas de plantio e, ou mapear a produtividade em lavouras de café (PAVÃO & LESSA, 2002, BALASTREIRE et al., 2002, HURTADO et al., 2003). Entretanto, existem poucos trabalhos concernentes à variabilidade espacial da qualidade. Oliveira (2003) propôs uma metodologia para mapear a variabilidade espacial da maturação dos frutos, produtividade e qualidade do café de montanha em uma propriedade cafeeira. Trabalhando em um talhão de cerca de um hectare, o autor coletou 128 amostras para teste de bebida não encontrando variação de qualidade no mesmo.

Outra variável importante na cafeicultura é a maturação, dela depende o rendimento da lavoura durante a colheita (PEZZOPAMNE, 2003). Esta variação

pode ainda determinar o ponto de colheita dos frutos e a qualidade de bebida. Faulin et al. (2004) demonstraram em seus experimentos que os diferentes estágios de maturação apresentaram comportamentos distintos com relação a variabilidade espacial. Alves et al. (2005) estudaram a variabilidade espacial da maturação dos frutos em diferentes faces da planta (Leste/Oeste) ao sol e encontraram diferença significativa para a percentagem de frutos passas na face que recebia maior insolação.

Com a investigação da variabilidade espacial da maturação, produtividade e qualidade do café, se torna possível levantar informações referentes ao processo de produção no campo, de forma a elucidar questionamentos concernentes à importância de alguns fatores de pré-colheita nesta variabilidade.

Baseado nestes fatos, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de, por meio das análises de geoestatística e agrupamentos, identificar e caracterizar a variabilidade espacial da qualidade de bebida do café, grau brix dos frutos, “status” nutricional (índices DRIS e SPAD), produtividade e maturação, em uma lavoura de café sob pivô central na região de Viçosa/MG.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na Fazenda Jatobá, localizada no município de Paula Cândido – MG, com lavoura comercial de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí de 2,10 ha, em solo caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo. A cultura apresenta espaçamento de 0,65 m entre plantas e 2,50 m entre linhas, e encontra-se sob manejo de irrigação constituído por um pivô-central.

Utilizando-se os dados de SPAD e macro e micro nutrientes, coletados por Rodrigues Junior et al. (2007) para a safra 2007/2008, realizou-se a caracterização do “status” nutricional da área de estudo no período inicial do desenvolvimento dos frutos de café. Essa caracterização se deu pela geração de mapas de variabilidade espacial dos valores de SPAD e dos índices DRIS, calculados a partir dos valores dos macro e micro nutrientes. Então, seguindo o

mesmo “grid” utilizado na coleta anterior (Figura 1), foram adquiridos dados de produtividade, percentagem de maturação, brix e qualidade de bebida. Com base nestes dados, também foi realizado o estudo da variabilidade espacial destas variáveis. Foi realizada a análise de similaridade entre os mapas de variabilidade espacial obtidas para as variáveis de caracterização do “status” nutricional e os mapas para as variáveis de produção, maturação e qualidade.

Métodos de amostragem

O trabalho iniciou com o levantamento georreferenciado da área por meio do receptor DGPS, modelo ProXRS, fabricado pela Trimble. Para fazer a correção diferencial pós-processada do levantamento foi utilizada a base de dados da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), localizada na UFV, utilizando o programa computacional Pathfinder Office 2.7 da Trimble.

A amostragem dos dados (“status” nutricional, brix, SPAD, qualidade, maturação e produção) foi realizada de forma alternada em relação às linhas de plantio, e nessas linhas, a cada 40 plantas, uma amostragem pontual, Figura 1. Por meio desta grade de amostragem foram obtidos aproximadamente 60 pontos por hectare.

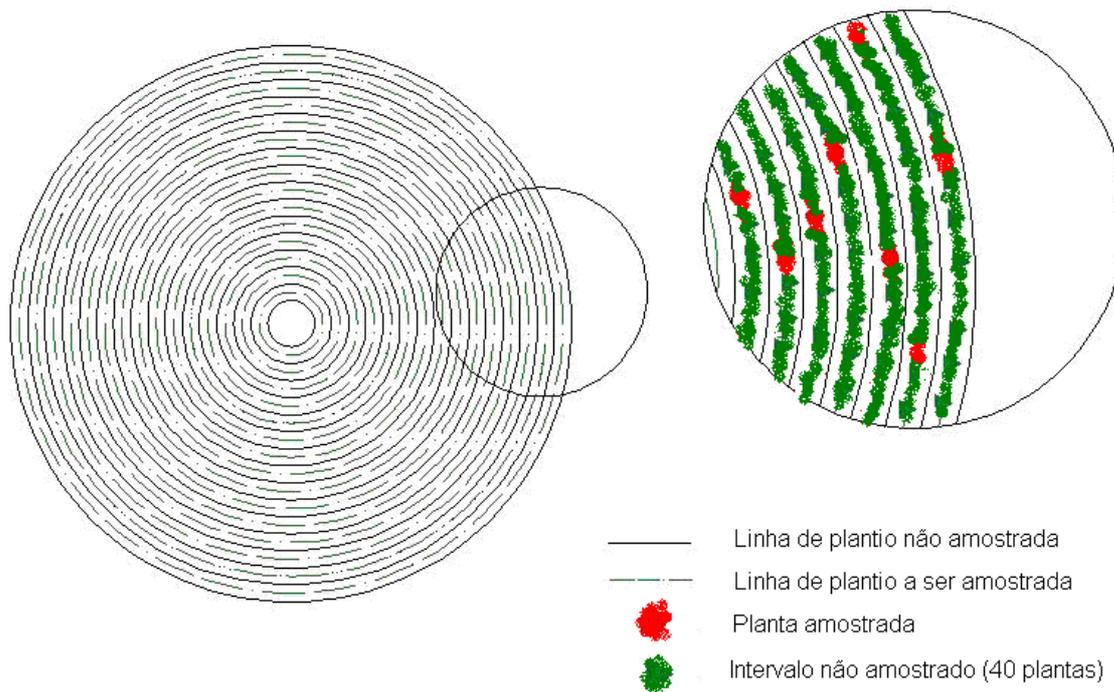


Figura 1. Esquema de amostragem da área em estudo, adaptado de Rodrigues Junior et al. (2007).

Determinação dos índices DRIS e do IBNm das plantas de café

Os resultados da análise foliar foram interpretados utilizando-se o programa computacional denominado DRIS-PRA CAFÉ – Arábica, desenvolvido por Leite et al. (2004). Este programa calcula os índices DRIS para os nutrientes, obtidos por meio de análise de amostras de tecidos foliares de cada parcela, fornecidos em arquivo de planilha eletrônica. Este cálculo é realizado usando-se a média das relações direta e inversa de cada nutriente, conforme a Equação 1 proposta por Alvarez e Leite (1999), que utilizam a Equação 2 de Jones (1981), descrita como:

$$IA = \left(\frac{Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)}{2(n-1)} \right) \quad (1)$$

$$Z(A / B) = \frac{10 \cdot [(A / B) - (a / b)]}{s} \quad (2)$$

em que,

IA = índice do nutriente analisado;

$Z(A/B)$ = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra a ser diagnosticada;

A/B = valor da relação entre nutrientes A e B, para a amostra a ser diagnosticada (relação direta);

a/b = valor da média obtida para as relações A/B , oriundas da população de plantas de alta produtividade (norma de referência);

n = número de nutrientes envolvidos na análise; e

s = desvio padrão dos valores da relação A/B da população de referência.

Associado aos índices DRIS, o programa apresenta também, o índice de balanço nutricional médio (IBNm). Este valor expressa a soma dos valores absolutos dos índices DRIS de cada nutriente, dividido pelo número de nutrientes analisados. Portanto, espera-se que quanto menor o IBNm, melhor será o estado nutricional da lavoura cujas plantas tiveram as folhas analisadas quimicamente. O cálculo do DRIS foi realizado, empregando-se normas de referência para a região de Viçosa. Para as análises estatísticas e de correlação foi utilizado o IBNm por representar a interação de todos os nutrientes analisados nas plantas.

Determinação da produção por planta e maturação dos frutos

Em cada planta escolhida como ponto amostral foi feita a derriça completa, então foi determinada a massa de frutos. Após esta determinação, foram retiradas das mesmas subamostras de 200 g. Os frutos contidos em cada subamostra foram classificados quanto ao estágio de maturação (verde, verdoengo, cereja e passa) e tiveram a sua massa medida, obtendo-se, assim, a percentagem de maturação de cada amostra.

De cada estágio de maturação dos frutos de café foram retiradas três amostras de, aproximadamente, 60 g, para determinação de umidade, usando-se o método padrão de estufa a $103 \pm 3^\circ\text{C}$, por 72 horas (BRASIL, 1992). Então, corrigiu-se a massa das amostras com frutos nos vários níveis de umidade, para o nível de 12% de umidade em base úmida.

Grau brix dos frutos cereja

Após a determinação da massa de frutos e percentagem de maturação em cada amostra, foram selecionados os frutos cereja para realização das medições de teor de sólidos solúveis (brix) e testes de qualidade de bebida.

Em cada umas das amostras de frutos cereja, foram retirados dez frutos, a partir dos quais, utilizando-se um refratrômetro portátil ATAGO, modelo PAL-3, foi realizada a leitura do brix do suco obtido pela compressão dos frutos.

Processamento das amostras de frutos cereja

As amostras de frutos cereja coletadas foram despulpadas, utilizando-se um despulpador manual com fluxo de água contínuo. As amostras despulpadas foram secas artificialmente, com temperatura do ar de secagem de 40 °C, até atingirem umidade próxima a 12% b.u. Para a secagem, se utilizou um secador de amostras de leite fixo em bandejas, com queimador a gás. A umidade dos grãos foi monitorada, através do medidor digital de umidade de cereais Gehaka, modelo G800.

Então, as amostras secas foram beneficiadas e acondicionadas em embalagens de semi-permeáveis. O beneficiamento das amostras foi realizado, utilizando-se um descascador de amostra portátil modelo DRC-1 N°. 830 (Indústrias de Máquinas Agrícolas Pinhal S. A.).

Testes de qualidade de bebida

O teste de bebida foi realizado por dois provadores, efetuando-se apenas uma determinação ou degustação por amostra. Cada amostra foi composta de três xícaras, que foram analisadas quanto às características sensoriais do café, com base nas regras de competição nacionais e internacionais da Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, 2004). O café foi analisado quanto ao aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa, gosto remanescente e balanço.

Então, por meio desses critérios analisados na bebida do café calculou-se uma nota única, global de qualidade por amostra. Estas notas variaram de 0 a

100. As notas menores que 70 são consideradas bebidas ruins, enquanto as notas compreendidas no intervalo de 70 a 74 são consideradas bebidas duras e as notas entre 75 e 80 indicam uma bebida dura pra melhor, mas sem grande expressão. As notas acima de 80 são consideradas como cafés especiais.

Análise dos dados

Foram realizadas análises da distribuição espacial dos dados por meio do programa computacional ArcGIS 9.2 e suas extensões Spatial Analyst, 3D-Analyst e Geostatistical Analyst.

A aplicação das técnicas geoestatísticas dos dados georreferenciados seguiu as seguintes etapas: estatística descritiva e exploratória, semivariograma, Krigagem e validação cruzada.

A análise descritiva e exploratória dos dados precede a análise geoestatística, sendo importante para o desenvolvimento da modelagem espacial. Pois esta análise é muito sensível à presença de valores espúrios e à ausência de estacionariedade. O programa computacional utilizado na análise exploratória e descritiva foi o STATISTICA 7.

Por meio dos gráficos de caixa (“box-plots”) foram determinados os valores espúrios e os mesmos foram excluídos. Foram analisadas as medidas de dispersão, assimetria e curtose dos dados, e por fim o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS). O Teste KS compara uma distribuição cumulativa observada (DO) com uma distribuição teórica normal (DN). Valores maiores que o nível de significância ($>0,05$) indicam que a DO corresponde à DN.

A dependência espacial foi analisada por meio de ajuste de semivariograma (VIEIRA et al. 1983), com base nas pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca, estimado por:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (3)$$

em que, $\hat{\gamma}(h)$ é a semivariância, $N(h)$ é o número de pares de pontos medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separados por um vetor h . O gráfico de $\hat{\gamma}(h)$ versus os valores correspondentes de h é denominado semivariograma.

Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{Y}(h)$ foram definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a).

O efeito pepita é o valor da semivariância para distância zero e representa o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance é a distância da origem até o ponto em que a semivariância atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas. Os modelos analisados para este estudo foram os modelos esférico, exponencial, gaussiano e linear (ISAACS & SRIVASTAVA, 1989).

A determinação do grau de dependência espacial foi realizada segundo Cambardella et al. (1994). Estes autores, estudando o comportamento de inúmeros semivariogramas, determinaram faixas de dependência espacial que permitem verificar o grau de dependência espacial de determinada variável em função da relação existente entre o intercepto ou efeito pepita (C_0), que é o baixo valor do semivariograma, o patamar parcial (C_1) e o patamar (C_0+C_1), que é o valor da semivariância que tende a se estabilizar. Sendo assim, o índice de dependência espacial (IDE) foi calculado pela relação $[C_1/(C_0+C_1)]*100$, e classificado segundo Cambardella et. al (1994), que considera dependência espacial fraca ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE \leq 75\%$) e forte ($IDE > 75\%$).

Após a análise da estrutura espacial das amostras das características avaliadas foram definidos os modelos dos semivariogramas para krigagem ordinária (interpolação) e elaboração dos mapas.

A etapa chamada de Krigagem fornece estimativas não tendenciosas e com variâncias mínimas para os pontos não amostrados. Nesta etapa o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, porém com pesos determinados a partir de uma análise espacial baseada no semivariograma. Os ponderadores de dados na etapa de Krigagem levam em conta além da distância euclidiana entre as amostras também a variabilidade estatística dos dados (semivariância e covariância) na região de estimação.

Após a Krigagem foi realizada a validação cruzada e os testes para avaliar o grau de incerteza sobre as hipóteses assumidas, os modelos selecionados, os valores dos parâmetros ajustados e a qualidade da krigagem. Segundo Isaaks e Srivastava (1989), na etapa de validação cruzada, cada ponto medido é excluído e seu valor é estimado levando-se em conta os dados restantes.

Geração de mapas

Feito o estudo da dependência espacial, por meio da análise geoestatística e a krigagem das variáveis DRIS, valores de brix, qualidade de bebida, produção e porcentagem de maturação dos frutos, foram gerados os mapas de variabilidade espacial para estas variáveis por meio do módulo ArcMap do ArcGIS 9.2.

Preliminarmente a geração dos mapas, determinou-se o número de classes de cada atributo e os intervalos pertencentes a cada uma.

Por meio do programa computacional STATISTICA 7, realizou-se a análise de dendrogramas e o método “K Means” para determinar o número de classes e os membros constituintes de cada uma, para cada fator estudado. Com isto, cada mapa temático gerado a partir dos conjuntos de dados teve o número de classes pré-determinado por estas análises.

A partir dos mapas gerados foi analisada visualmente a similaridade entre as zonas de manejo para grau brix, qualidade, produtividade, maturação com as zonas de manejo dos valores de índices DRIS para os macro e micro nutrientes e SPAD.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise de estatística descritiva para as variáveis relacionadas com o “status” nutricional da lavoura de café (índices DRIS e SPAD), maturação dos frutos durante a colheita (percentagem de frutos verdes, verdolengos, cerejas e passas) e os valores de brix, qualidade e produção são apresentados na Tabela 1. Nessa análise foram avaliados o tipo de distribuição, a presença de valores extremos e a estacionariedade.

Nota-se na Tabela 1 que os valores da média e mediana da maioria das variáveis não são próximos, o que caracteriza distribuição assimétrica. Isto pode ser observado também nos valores de assimetria não próximos a zero. O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov confirma que as variáveis: índices DRIS de nitrogênio, ferro e magnésio, a percentagem de maturação para frutos verdes, a qualidade de bebida e brix dos frutos não apresentaram distribuição normal.

Segundo Isaaks e Srivastava (1989), mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, em que a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área em estudo, entretanto é difícil que isto ocorra de forma perfeita em se tratando de dados provenientes da natureza. Então o que ocorre é apenas um ajuste teórico aproximado desta distribuição.

Para se realizar a interpolação por meio da krigagem é desejável esta estacionariedade da media e as variáveis próximas de uma distribuição normal (gaussiana). Mas como dito anteriormente, um ajuste perfeito da curva de distribuição é difícil para variáveis na natureza.

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis índices DRIS para macro e micro nutrientes, SPAD, grau de maturação dos frutos, produção por planta, brix e qualidade de bebida

Variáveis	Media	DP	CV	Variância	Mínimo	Maximo	Assimetria	Curtose	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	DN
Nitrogênio	3,62	2,17	59,87	4,69	-2,00	8,00	-0,40	2,62	2,00	4,00	5,00	*
Fósforo	1,35	3,22	238,95	10,37	-8,00	9,00	-0,30	0,03	-1,00	1,00	4,00	ns
Potássio	-7,24	5,59	-77,24	31,24	-23,00	6,00	-0,37	-0,16	-11,00	-6,00	-3,00	ns
Cálcio	-5,89	7,17	-121,78	51,38	-26,00	10,00	-0,37	-0,25	-11,00	-5,00	-1,00	ns
Magnésio	-2,98	3,71	-124,45	13,77	-14,00	5,00	-0,59	0,22	-6,00	-2,00	-1,00	*
Enxofre	-3,21	3,87	-120,66	14,99	-11,00	6,00	0,23	-0,16	-6,00	-3,00	-1,00	ns
Zinco	-4,38	3,21	-73,24	10,31	-12,00	3,00	0,07	-0,29	-6,00	-4,00	-2,00	ns
Ferro	7,27	2,99	41,16	8,95	-2,00	17,00	0,47	1,22	5,00	7,00	9,00	*
Manganês	28,39	8,43	29,69	71,03	10,00	48,00	0,02	-0,35	22,00	29,00	34,00	ns
Cobre	-7,26	3,03	-41,80	9,20	-15,00	1,00	0,00	-0,18	-9,00	-7,00	-5,00	ns
Boro	-10,53	4,12	-39,10	16,96	-21,00	-3,00	-0,45	-0,42	-13,00	-10,00	-7,00	ns
IBNm	8,06	1,53	18,98	2,34	5,10	11,50	0,32	-0,59	6,80	7,80	9,20	ns
SPAD	63,11	3,48	5,52	11,84	53,00	70,00	-0,58	3,20	61,00	63,50	66,00	ns
Verde	23,92	17,43	72,86	303,74	1,74	68,13	0,75	-0,52	9,75	18,40	36,86	*
verdoengo	40,83	19,41	47,54	376,76	1,28	78,28	-0,20	-1,15	23,48	43,46	57,13	ns
Cereja	18,83	7,03	37,32	49,39	9,22	38,96	0,75	-0,06	12,64	17,60	23,19	ns
Passa	15,06	10,53	69,89	110,80	0,00	45,00	0,65	2,88	7,10	14,17	21,54	*
Produção	3,81	1,04	27,39	1,09	1,94	6,46	0,38	-0,45	3,04	3,70	4,47	ns
Qualidade	76,77	1,34	1,75	1,80	74,00	80,00	0,30	-0,60	76,00	77,00	78,00	*
Brix	18,49	1,26	6,81	2,66	16,04	21,60	0,41	2,72	17,61	18,64	18,32	*

DP (desvio padrão), CV (coeficiente de variação), DN: distribuição normal; ^{ns} não significativo a 5% pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS), portanto, distribuição normal dos dados e * distribuição não normal.

Na Tabela 2, está representada de forma sucinta os parâmetros do semivariogramas da análise espacial dos índices DRIS para macro e micro nutrientes, SPAD, grau de maturação dos frutos, produção por planta, brix e qualidade de bebida. Observa-se que a maioria dos nutrientes apresentou dependência espacial.

Os modelos de semivariograma que melhor se ajustaram foram o esférico e o exponencial, sendo o exponencial o modelo mais freqüente. Com relação ao alcance da dependência espacial, observa-se que as variáveis apresentaram valores de alcance que variaram entre 26,83 a 113,97 m, sendo que a maioria das variáveis obteve alcance em torno de 59,00 m. Estes valores podem ser considerados intermediários, se comparados com a distância mínima entre pontos (em torno de 20,00 m), havendo números de pares suficientes na parte curva do semivariograma, ou seja, antes de atingir o patamar.

A variável índice DRIS para zinco foi a que apresentou o menor valor para o alcance, enquanto que, o manganês foi o que apresentou o maior alcance.

A maioria das variáveis estudadas apresentou anisotropia, este é um fenômeno freqüente na natureza e representa a variabilidade ou a distribuição de um fenômeno em uma determinada direção mais intensamente que em outra direção.

Com relação à dependência espacial, as variáveis índices DRIS, com exceção para zinco e cálcio com IDEs respectivos de 1,00 e 0,84 (fortes), todas as demais variáveis de “status” nutricional apresentaram dependência espacial moderada. O IDE dos valores de SPAD na área também seguiu o padrão dos índices DRIS com dependência moderada, IDE de 0,40.

Era esperado que os valores de SPAD apresentassem padrão de dependência espacial similar aos dos índices de DRIS. A folha expressa em sua coloração os efeitos sintomáticos do “status” de nutrientes. Um dos sintomas da deficiência dos nutrientes é a clorose (amarelecimento das folhas). Essa clorose ocorre com freqüência nas folhas mais velhas quando ocorre deficiência de N e Mg e nas folhas mais jovens quando ocorre deficiência de Ca. Esse sintoma indica que existe uma redução ou aumento na quantidade de clorofila relacionado ao nível desses nutrientes.

Com relação à maturação dos frutos durante a coleta, observou-se que a percentagem de frutos verdes apresentou dependência espacial forte (IDE 0,83)

enquanto que a percentagem de frutos maduros apresentou dependência fraca com IDE de 0,22. As percentagens de frutos verdolengos e passas apresentaram dependência moderada, com IDEs respectivos de 0,70 e 0,66.

A percentagem de frutos verdes teve uma relação espacial mais forte e isto pode estar vinculado a uma indução floral mais uniforme na safra estudada, mas a maturação tem mais fatores que exercem influência durante todo o ciclo de desenvolvimento dos frutos, o que pode abreviar ou não a sua maturação. A aleatoriedade e/ou desuniformidade da maturação na lavoura torna onerosa e complicada a colheita, o que leva a realização da colheita com repasses na lavoura ou mesmo a colheita total dos frutos com prejuízo para a qualidade de bebida.

Segundo DaMatta (2007) a floração é um dos mais importantes fenômenos fisiológicos na planta de café e vem sendo a muito tempo estudado, entretanto ainda existem lacunas a serem preenchidas. A florada do café tem um complexa sequência bioquímica, fisiológica e morfológica, estes eventos são afetados por muitos fatores como temperatura, luz, umidade de solo e ar, relação carbono-nitrogenio, manejo da cultura e genótipo (Rena & Barros, 2004).

Para o teor de sólidos solúveis expresso pelo brix dos frutos, houve uma moderada dependência espacial (0,33), enquanto que, para a qualidade de bebida do café ocorreu uma distribuição aleatória caracterizada pelo efeito pepita puro. Ou seja, ocorreu total independência entre os pontos amostrados. A qualidade é um fator de intrincadas relações com vários fatores no campo, o que torna difícil uma relação espacial consistente. Dentre os fatores relativos à lavoura, encontram-se temperatura ambiente, precipitação, veranicos, plantio a pleno sol, relevo, fertilidade do solo, cultivar, espaçamento, manejo da lavoura e maturação (MATIELLO, 1986).

De acordo com Isaaks e Srivastava (1989), à medida que o valor do efeito-pepita aumenta e, conseqüentemente, se aproxima do valor do patamar, a dependência espacial enfraquece, pois os pesos dos diferentes pontos amostrados, usados na estimativa de dado ponto não amostrado, tornam-se semelhantes. Portanto, os resultados indicam fraca dependência espacial para a percentagem de frutos maduros (cereja) e ausência de dependência para qualidade. Este fato pode ter ocorrido devido

à distribuição aleatória dos dados de qualidade, ou mesmo pela obtenção de valores homogêneos em uma área de produção considerada pequena.

Entretanto, para detectar a dependência espacial pode ser necessário efetuar uma análise espacial mais ampla, envolvendo outras variáveis relacionadas à qualidade e produção do café. Além disso, a quantidade de pontos provavelmente seja insuficiente para ajustar bem os modelos de semivariograma, como mencionado por Isaaks e Srivastava (1989). Talvez, seja necessário pensar em métodos alternativos que permitam intensificar a amostragem, resultando em mais pontos usados no ajuste dos semivariogramas.

No estudo da validação cruzada dos modelos de semivariograma ajustados, exceto para a qualidade de bebida, observou-se que, a relação entre os valores preditos e observados foi boa. O critério para determinar o ajuste do modelo do semivariograma teórico ao semivariograma experimental para uma dada distância foi baseado nos resíduos obtidos. Este critério sugere que o menor valor da média dos erros de estimação indica o modelo de melhor ajuste.

Com a validação cruzada, é possível identificar áreas em que não houve dependência espacial; para tais áreas novas amostragens podem ser úteis (ISAACS & SRIVASTAVA, 1989). Mostrando assim a importância da validação cruzada para indicar a robustez do modelo escolhido na estimação de valores em locais onde não se possui informação.

Por estes critérios, o ideal seria ter um erro médio padronizado (EMP) dos valores preditos próximo de zero (0), um erro quadrático médio (EQM) o mais baixo possível, e um erro quadrático médio padronizado (EQMP) próximo de um (1).

O EMQP, para todas as variáveis, apresentou valor em torno de 1. Quando os valores de EMQP são superiores a 1, a variabilidade está sendo subestimada nas suas previsões, quando os erros são inferiores a 1, está superestimando a variabilidade.

O EQM (Tabela 2), para todas as variáveis foram próximos à zero. Apesar dos parâmetros demonstrarem que existe uma avaliação correta da previsão da variabilidade dos dados estudados, os valores do EMP não foram próximos à zero para a maioria das variáveis. Esta impossibilidade de uma perfeita correlação entre os valores observados e estimados pode ser em consequência da amostragem que,

muitas vezes não segue uma malha regular acarretando uma superestimação e subestimação dos valores amostrais em determinadas localizações. Apesar disso, uma significativa correlação entre os valores estimados e observados foi verificada para os modelos propostos.

Tabela 2. Síntese dos parâmetros dos semivariogramas e validação cruzada para as variáveis índices DRIS para macro e micro nutrientes, SPAD, grau de maturação dos frutos, produção por planta, brix e qualidade de bebida

Variáveis	Modelo	Co	C ₁	Co+C ₁	IDE	Alcance		Direção	Validação cruzada		
						Maior	Menor		EMP	EQM	EMQP
Nitrogênio	exp.	2,32	2,23	4,58	0,50	71,12	20,85	57,1	2,08	0,03	1,02
fósforo	esf.	3,81	7,45	11,26	0,66	59,27	-	-	2,57	-0,004	1,01
Potássio	exp.	10,27	18,23	28,49	0,64	53,95	24,93	259,9	4,93	0,05	1,01
Cálcio	exp.	0	47,67	47,67	1,00	41,79	9,13	75	6,66	-0,06	0,95
Magnésio	esf.	7,33	9,39	16,72	0,56	71,12	-	-	3,52	0,004	1,02
Enxofre	exp.	8,53	6,93	15,46	0,45	59,27	-	-	3,61	0,03	0,98
Zinco	exp.	1,73	8,89	10,62	0,84	26,83	-	-	3,04	-0,01	0,97
ferro	exp.	5,05	3,83	8,88	0,44	71,12	16,19	26,9	2,93	-0,01	1,08
manganês	exp.	50,36	28,34	78,70	0,36	113,97	17,52	96,6	8,58	-0,01	1,01
Cobre	exp.	4,69	5,03	9,72	0,52	59,27	-	-	2,79	0,01	1,00
Boro	exp.	10,37	10,17	20,55	0,50	59,27	9,11	346,7	4,49	0,02	0,99
IBNm	exp.	1,30	0,97	2,27	0,43	59,27	15,05	285,8	1,48	0,01	1,01
SPAD	exp.	6,68	4,50	11,18	0,40	71,12	60,28	354,4	2,80	-0,02	0,99
verde	exp.	72,29	339,68	411,97	0,83	65,58	-	-	13,91	-0,01	1,09
verdoengo	exp.	128,61	299,42	428,00	0,70	59,27	-	-	16,10	0,01	0,99
cereja	exp.	37,17	10,24	47,41	0,22	71,12	10,93	-	7,02	-0,02	1,05
Passa	exp.	40,40	79,47	119,87	0,66	35,59	-	-	9,50	0,01	1,03
Produção	exp.	0,68	0,45	1,12	0,40	59,27	21,59	71,6	1,00	0,03	1,00
Qualidade	exp.	0,20	0,00	0,20	0,00	59,76	-	-	-	-	-
Brix	exp.	0,17	0,08	0,25	0,33	59,27	9,11	295,7	0,50	0,03	0,99

IBNm (índice de balanço nutricional médio), Exp (modelo exponencial), esf (modelo esférico), Co (efeito pepita), C (patamar parcial), Co+C (patamar), IDE (índice de dependência espacial), EMP (Erro médio padronizado), EQM (erro quadrático médio), EMQP (erro médio quadrático padronizado).

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentadas a variabilidade espacial dos valores de SPAD e índices de DRIS para macro e micro nutrientes. Nota-se que, de forma geral, houve uma distribuição diferenciada dos níveis de nutrientes, de acordo com os índices DRIS, das plantas localizadas no interior e na extremidade do pivô. Esta variação pode ter ocorrido, em parte, por um manejo desuniforme no pivô. Como todas as práticas culturais (poda, capina, adubação, pulverização) são feitas manualmente, não existe um padrão quanto ao ritmo das operações. Elas são realizadas sempre de fora para dentro e isto pode ser explicado até mesmo pelo cansaço físico do trabalhador.

Ainda, segundo o proprietário da fazenda, outro fator de variação é uma mancha de solo que existe no lado superior do pivô, onde o solo tem menor fertilidade natural. Além do mais, em parte do pivô, durante a implantação da lavoura, houve a necessidade de um novo preparo do solo devido à chuva forte antes do término do plantio. Como visto, existem diversos fatores que podem produzir a variabilidade observada dentro da área do pivô, e esta variabilidade pode se expressar de forma diferente, dependendo das condições de clima e estresse a que as plantas forem submetidas, como, por exemplo, adubação deficiente.

Entretanto, adubação deficiente não parece ser o problema neste pivô. A maioria dos índices DRIS se mostrou muito próximo do intervalo de equilíbrio nutricional (-7 a 7) e os mapas de forma geral, com a maioria da área dentro da zona de equilíbrio nutricional. Os mapas mais equilibrados foram os de N e P, que apesar de estarem divididos em duas classes diferenciadas do centro para a extremidade do pivô, as mesmas estão dentro do intervalo de equilíbrio nutricional.

Os mapas de índices de K, Ca, Mg, S, Zn e B apresentaram áreas com deficiência nutricional, sendo que destes, o boro foi o com maior desequilíbrio. Os mapas para B e Fe apresentaram áreas com desequilíbrio nutricional por excesso do nutriente, ou seja, valores de índice DRIS maiores que 7.

Mas quando se avaliou o índice de balanço nutricional médio (Figura 4), que é o índice DRIS global para todos os macro e micro nutrientes, observou-se que as plantas se encontram em equilíbrio, com as duas classes próximas ao intervalo de equilíbrio nutricional (classe 1: 5 a 8,5 e classe 2: 8,5 a 12).

Estes valores demonstram que a adubação está sendo realizada de forma correta e tendendo um pouco para o excesso em pequenas áreas do pivô.

Observando-se o mapa de SPAD (Figura 2), notou-se que, a área estudada se encontra sem estresse nutricional, pois apesar de divididas em duas classes, ambas se encontram em níveis considerados elevados para o café, quando comparados aos valores encontrados por Reis et al. (2006) para altos teores de N foliar. Dentre todos os fatores que modificam o teor de clorofila nas plantas, o “status” nutricional merece destaque, segundo Taiz e Zeiger (1994), as clorofilas estão presentes nos vegetais superiores sob as formas a e b, e são constantemente sintetizadas e destruídas em processos influenciados pelos nutrientes minerais. Estes, por sua vez, integram a estrutura molecular das plantas e atuam em algumas etapas das reações que levam à síntese de pigmentos.

Segundo Lange et al. (2005), tratamentos com e sem omissão de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) influenciaram de modo diferente as leituras de SPAD ao longo do período experimental na cultura da mamona, demonstrando a influência que os micronutrientes podem ter no teor de clorofila. Isto corrobora os resultados apresentados neste trabalho, pois, apesar de não ter encontrado uma relação individual entre SPAD e os índices DRIS individualmente, houve uma similaridade com o IBNm, que é um índice baseado na relação de equilíbrio entre os macro e micro nutrientes, as áreas mais equilibradas tenderam a apresentar maior valor de SPAD. O fato de Lange et al. terem encontrado uma relação entre SPAD e os nutrientes individualmente, se deve possivelmente ao fato de se tratar de um experimento em condições controladas e indução de diferentes níveis de nutrientes, em contrapartida ao presente trabalho que foi realizado numa lavoura comercial com ausência de controle local, e, portanto um maior número de variáveis que poderiam influenciar os valores de SPAD.

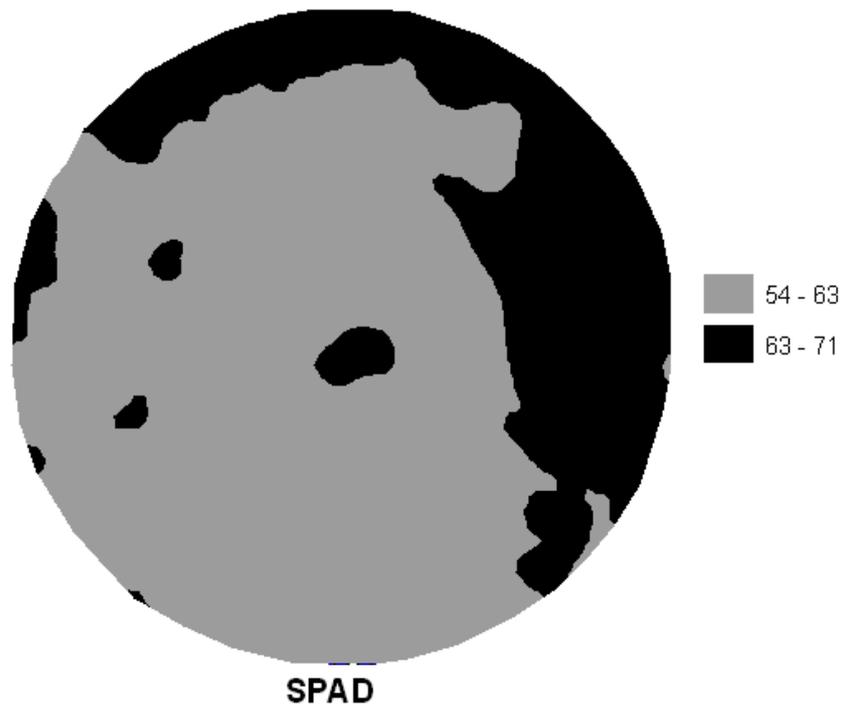


Figura 2. Mapa da variabilidade espacial dos valores de SPAD obtidos por meio da interpolação com krigagem ordinária e dividido em duas classes (54 a 63 e 64 a 71), de acordo com a análise de agrupamento “K means” e dendrograma.

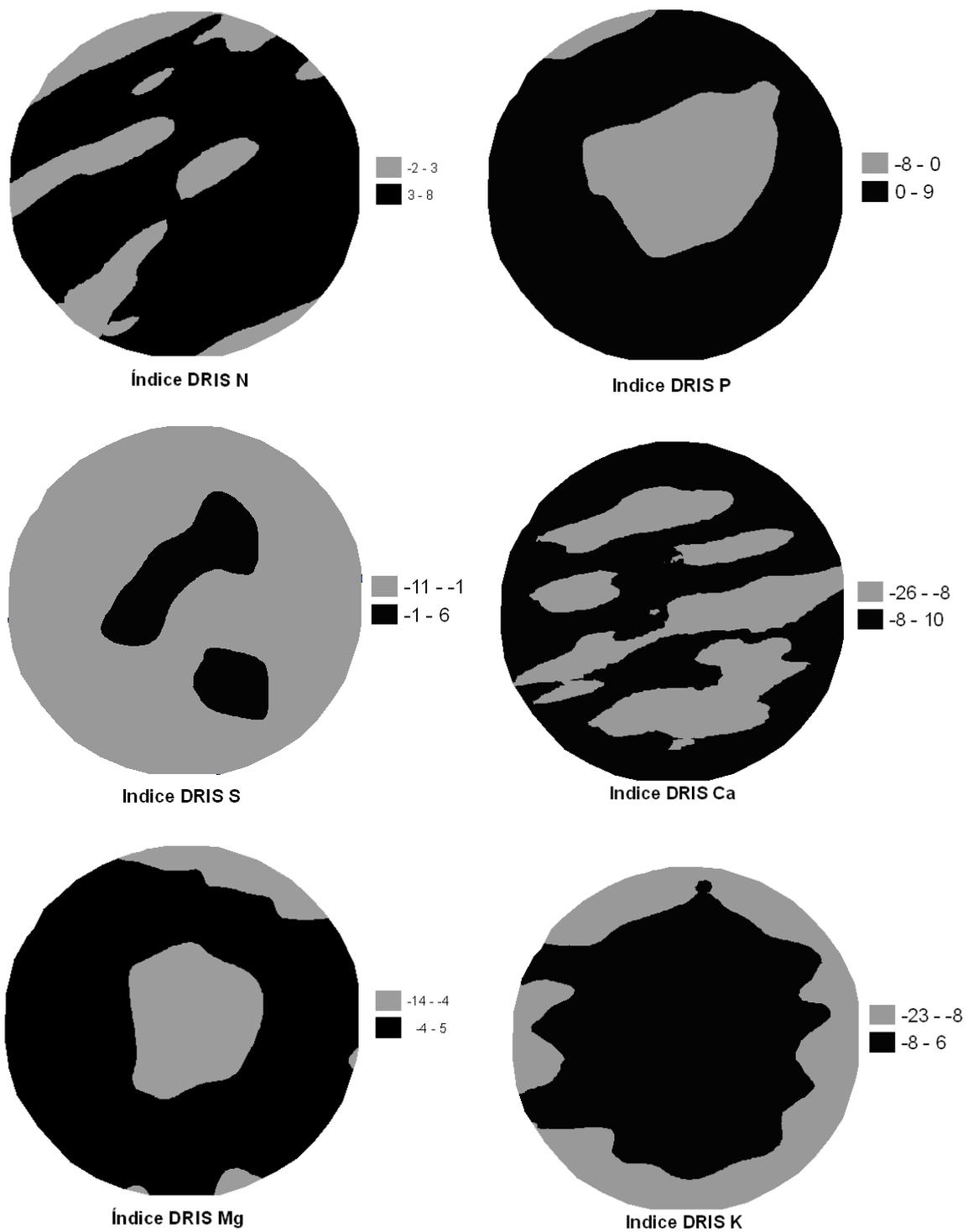


Figura 3. Mapas da variabilidade espacial dos índices DRIS para os macronutrientes.

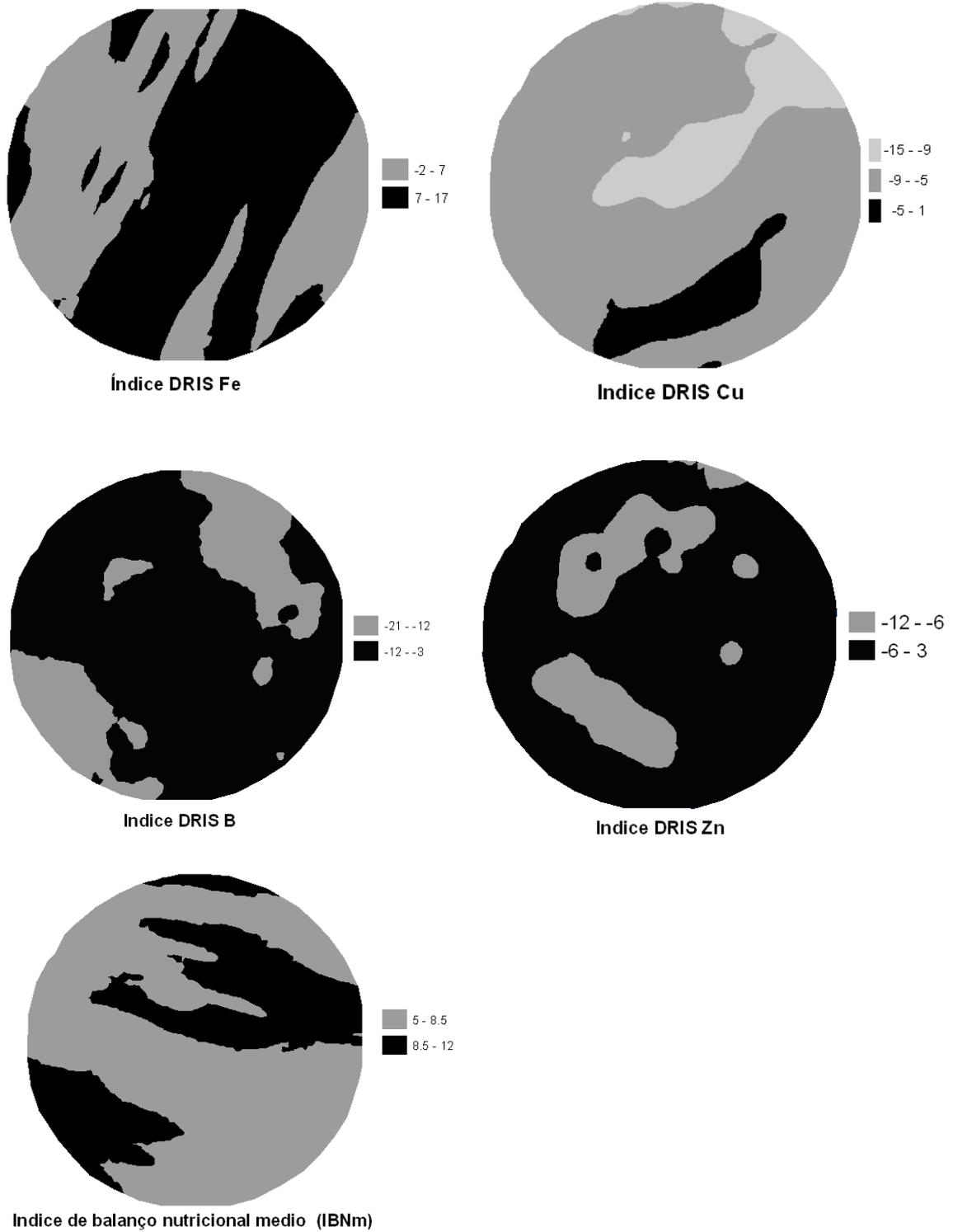


Figura 4. Mapas da variabilidade espacial dos índices DRIS para os micronutrientes.

Na Figura 5 é apresentada a variabilidade espacial da maturação do café no momento da coleta de amostras. Observa-se que, a percentagem de frutos verdoendos e cerejas tiveram variabilidade diferenciada para as plantas localizadas na parte mais interna do pivô. As maiores percentagens de frutos maduros e em processo de maturação se encontraram mais próximas ao limite do pivô. Relação inversa ocorreu para a percentagem de frutos verdes que apresentaram os maiores percentagens no interior.

Os resultados encontrados em relação à maturação evidenciam que os frutos amadurecem primeiro na área central do pivô. Entretanto, é também nesta área que se encontra a maior percentagem de frutos verdes. A presença de maiores percentagens de frutos verdes e passas no interior do pivô indica que as plantas desta área apresentaram tendência a uma desuniformidade na maturação, possivelmente causada por floradas sucessivas.

Para flores de cultivares Mundo Novo e Catuaí Amarelo, Malavolta et al. (2002) encontraram quantidades médias extraídas de $69,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca e $39,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg. Com base nisso, os autores sugerem que a adubação do cafeeiro deva iniciar-se antes do florescimento, pois a absorção de nutrientes começa antes da antese floral. Esta importância do “status” nutricional sobre a indução floral e desenvolvimento dos frutos pode ser notada ao se comparar os mapas de variabilidade espacial dos índices DRIS para P, Ca, K e Mg com os de percentagem de maturação dos frutos. Observa-se que, na região com tendência a heterogeneidade da floração (maior percentagem de frutos verdes e passas) está na região central dos mapas. Esta é a região onde se encontram os menores valores para os índices de Ca e Mg, sendo que, esta região também obteve os menores valores de produtividade. Isto indica que, a deficiência de Ca e Mg nesta região do pivô influenciou a produção e a homogeneidade da floração de forma negativa por possivelmente não suprir a demanda neste momento fenológico inicial. Laviola et al. (2007) encontraram em seus experimentos de estudo da dinâmica de Ca e Mg nos frutos em desenvolvimento uma forte relação fonte/dreno entre a concentração foliar desses nutrientes e a floração intensa dos cafeeiros.

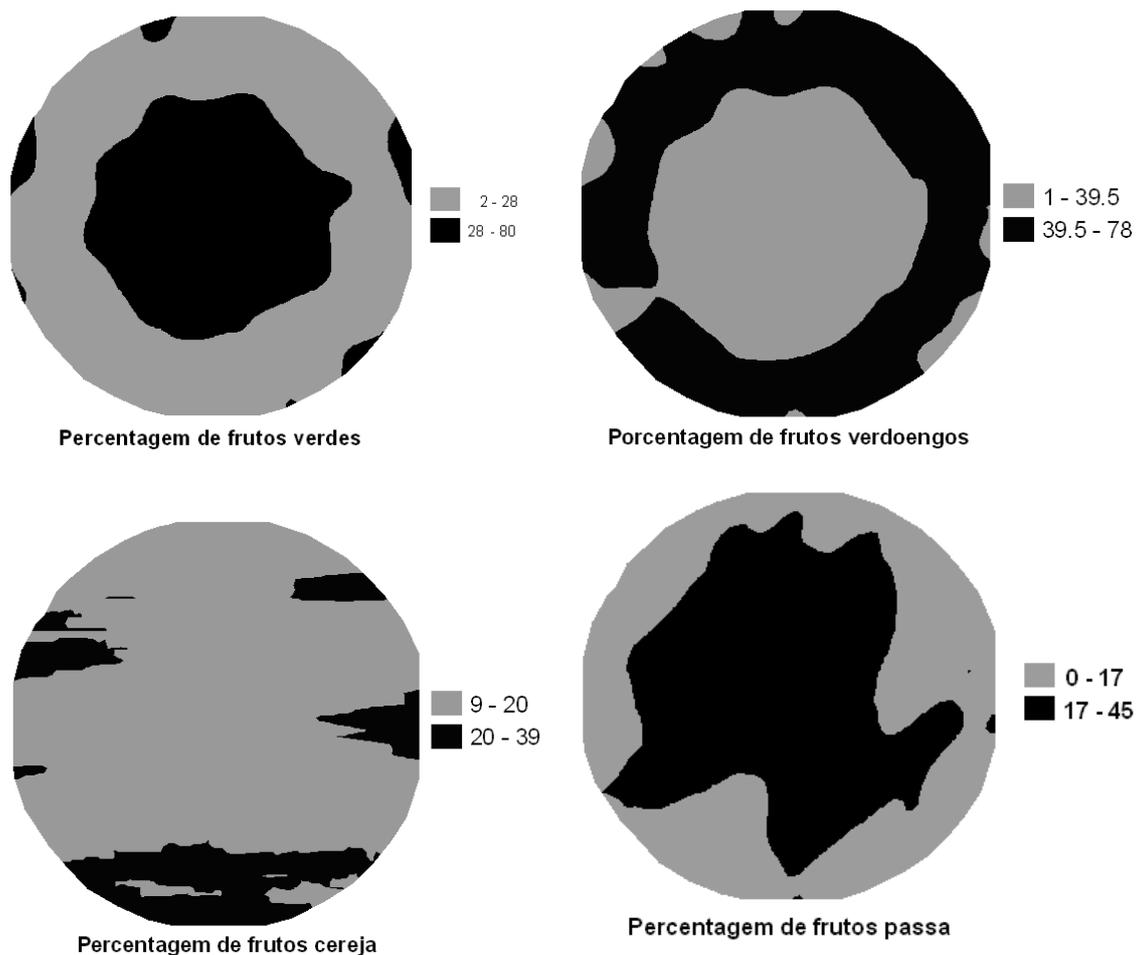


Figura 5. Mapas da variabilidade espacial da percentagem de frutos verdes, verdolengos, cereja e passa, obtidos por meio da interpolação com krigagem ordinária e dividido em classes de acordo com a análise de agrupamento “K means” e dendrograma.

Na Figura 6 são apresentados os mapas de distribuição espacial da produção do café em kg por planta e os valores de brix. Para a produção não houve variabilidade espacial, o que vem a corroborar com os mapas indicadores de “status” nutricional que se mostraram em linhas gerais dentro da zona de equilíbrio. Observa-se que, houve similaridade entre o mapa de índice de balanço nutricional médio (IBNm) com o de produtividade. Estes resultados demonstram que a adubação na área vem sendo feita de forma equilibrada quando se observa o balanço global do “status” nutricional representado no mapa de IBNm. Sendo assim, a produção tem se mostrado como o resultado

de uma combinação de todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos cafeeiros.

Também, nota-se uma tendência das regiões onde houve menor produção a apresentarem valores mais altos de brix. Houve certa similaridade do mapa de cálcio e brix, a região do mapa de cálcio com teores mais baixos obteve maiores valores de brix.

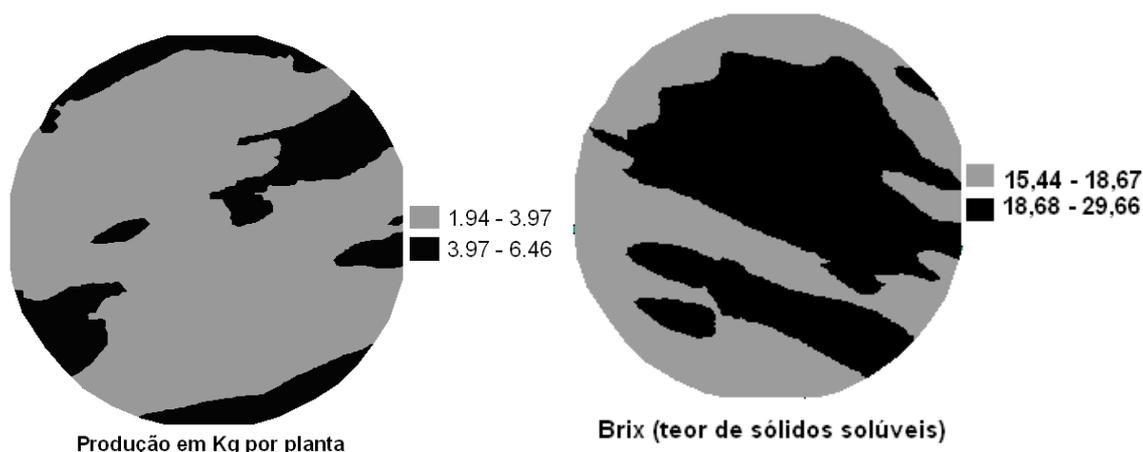


Figura 6. Mapas da variabilidade espacial da produção em kg/planta e dos valores de graus brix

Com relação à qualidade de bebida, como não houve dependência espacial, devido ao efeito pepita puro, não foi gerado o mapa por meio da interpolação utilizando a krigagem ordinária. Então foram apenas gerados os pontos amostrados com as notas de qualidade de bebida divididas em duas classes (≤ 77 e 78 a 80), esta divisão foi realizada por meio das análises de agrupamento (“K-means”) e dendrograma. Na Figura 7 observa-se que a distribuição da qualidade foi bastante homogênea e as amostras pertencentes a classe de maior nota estavam distribuídas de forma aleatória.

A não dependência espacial da qualidade pode ser explicada, em parte, pela homogeneidade dos fatores de produção nesta área de apenas 2,1 ha. O manejo na área se mostrou bastante uniforme, principalmente com relação à adubação que, para a maioria dos índices DRIS, IBNm e SPAD se mostrou dentro de um intervalo de equilíbrio nutricional.

Este conjunto de situações favoráveis à produção fez com que não existisse uma variabilidade muito grande das notas de qualidade, isto pode ser

visto na Tabela 1, onde as notas variam de um mínimo de 74 a um valor máximo de 80, média de 77 e coeficiente de variação de 1,8%.

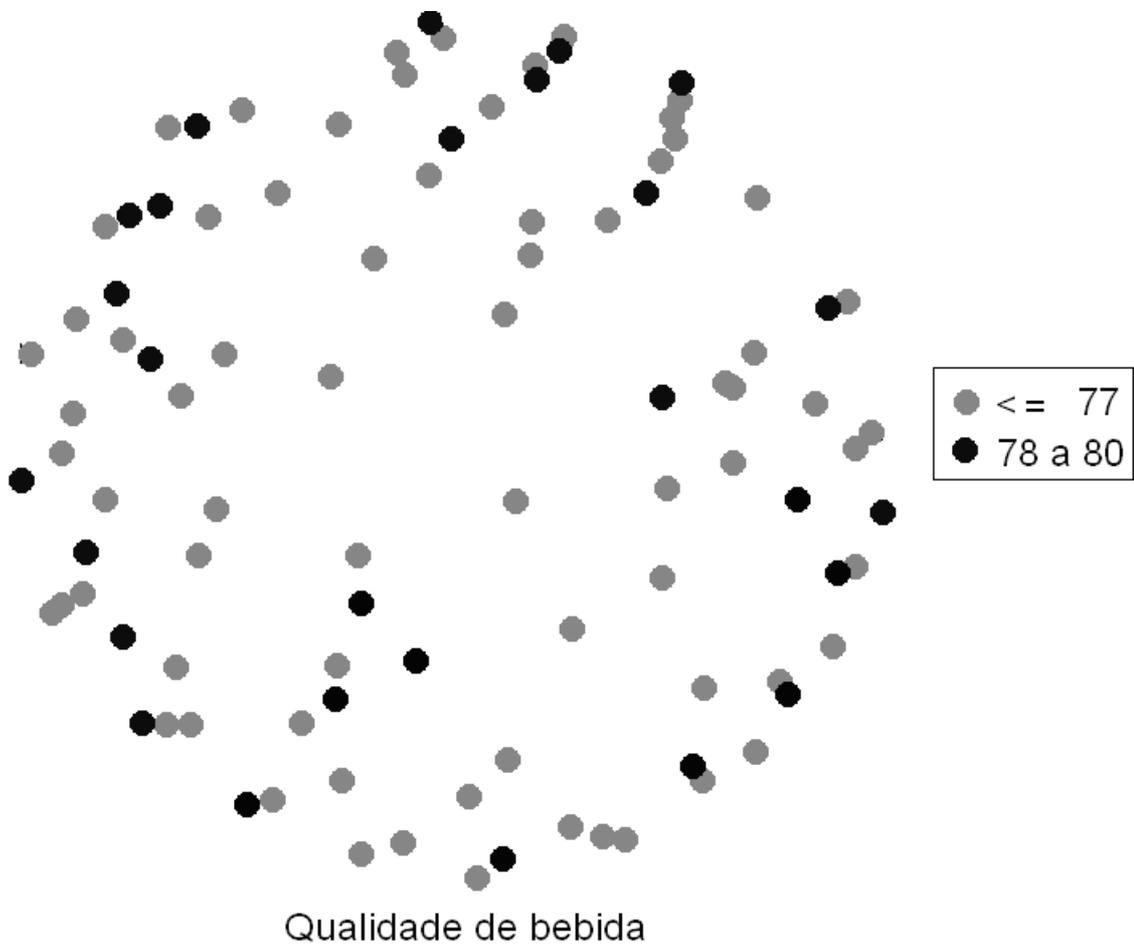


Figura 7. Dispersão das notas de qualidade de bebida do café na área dividido em duas classes (≤ 77 e 78 a 80) segundo a análise de agrupamento.

5.4. CONCLUSÕES

Para o índice de dependência espacial (IDE), com exceção para zinco e cálcio que foram fortes, todas as demais variáveis de “status” nutricional apresentaram dependência espacial moderada.

O IDE dos valores de SPAD na área seguiu o padrão dos índices DRIS com dependência moderada.

A percentagem de frutos verdes apresentou dependência espacial forte, enquanto que a percentagem de frutos maduros teve dependência fraca. As percentagens de frutos verdolengos e passas apresentaram dependência moderada.

Para o teor de sólidos solúveis, brix dos frutos, houve uma moderada dependência espacial, enquanto que, para a qualidade de bebida do café ocorreu uma distribuição aleatória caracterizada pelo efeito pepita puro.

As maiores percentagens de frutos maduros e em processo de maturação se encontraram mais próximas ao limite do pivô. Relação inversa houve para a percentagem de frutos verdes que apresentaram os maiores percentagens no interior.

Não foi possível estabelecer por meio da análise visual dos mapas uma relação de similaridade entre o SPAD e os índices DRIS individualmente. Observou-se certo grau de similaridade do mapa de SPAD com o de IBNm.

Os mapas indicadores de “status” nutricional que se mostraram em linhas gerais dentro da zona de equilíbrio.

Houve similaridade entre o mapa de índice de balanço nutricional médio (IBNm) com o de produtividade.

5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V. H.; LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices dos nutrientes no Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 20-24, 1999.

ALVES, E.A. **Análise da variabilidade espacial da qualidade do café**. 2005. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2005.

Associação brasileira de cafés especiais – BSCA. **Regras de Competição Nacionais e Internacionais**. Alfenas, 2004. 5 p.

BALASTREIRE, L.A.; AMARAL, J.R.; LEAL, J.C.G.; BAIO, F.H.R. Precision Agriculture Concepts Applied to Coffee Crops. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIAP, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e reforma Agrária. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, 1992. 365p.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 58, n.1, p. 1501-1511, 1994.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Braz. J. Plant Physiol.**, Londrina, v. 19, n. 4, Dec. 2007.

DIKER, K.; BAUSCH, W. C. Potencial of use of nitrogen reflectance index to estimate plant parameters and yield of maize. **Biosystem Engineering**, v.84, n. 4, p. 437-447, 2003.

FAULIN, G.D.C.; MOULIN, J.P.; MAGALHÃES, R.P.; STANISLAVSKI, W.M. Estudo da espacialidade da maturação de **café** (*Coffea arabica* L.) visando à confecção de mapas de produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, **2004**, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

FLEMING, K. L.; WESTFALL, D. G.; WIENS, D. W. ; BRODAHL, M. C. Evaluating Farmer Defined Management Zone Maps for Variable Rate Fertilizer Application. **Precision Agriculture**, v.2, n.2, p.201-215, 2000.

GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.;MATA, J. D.V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. **Acta Scientiarum Maringá**, v.23, n.5, p.1149-1157, 2001.

HURTADO, S.M.C; CARVALHO, L.M.; FERREIRA, E. Determinação das Áreas Cafeeiras através da Analise Multi-temporal de Imagens de Satelite, de 1997 e 1999. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBSR, 2003, p. 131-135.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geoestatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 560p.

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.1, p.61-67, 2005.

LEITE, R. A. et al. **Sistema para Cálculo dos Índices DRIS e do Potencial de Resposta à Adubação PRA para o Cafeeiro Arábica para Minas Gerais. DRIS – PRA Café arábica**, Setor de Agroinformática, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A.S.C. **Mapeamento da Variabilidade Espacial da Produção na Cafeicultura de Montanha**. 2003. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ORTIZ, J.O.; FELGUEIRAS, C.A.; RENNÓ, C.D. Simulação conjunta de variáveis correlacionadas para aplicação em modelagem espacial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis, 2007. **Anais...** Florianópolis: SBSR. p.2955-2962.

PAVÃO, F.; LESSA, M.B. Determinação da Produção de café na Região de Atuação da COCAPEC, através da utilização de Geoprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 28. Caxambu, 2002. **Anais...** Caxambu: CBPC. p. 125.

REIS, A.R.; FURLANI JR., E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v.65, n.1, p.163-171, 2006.

Rena AB, Barros RS (2004) Aspectos críticos no estudo da floração do café. In: Zambolim L (ed), **Efeitos da Irrigação Sobre a Qualidade e Produtividade do Café**, pp.149-172. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SETHURAMASAMYRAJA, B.; ADAMCHUK, V.I.; MARX, D.B.; DOBERMANN, A. Evaluation of ion-selective electrode methodology for integrated on-the-go mapping of soil chemical properties (pH, K & NO₃). **ASAE**, Paper n.05-1036, 2005.

TAYLOR, J.C.; WOOD, G.A.; EARL, R.; GODWIN, R.J. Soil Factors and their Influence on Within-field Crop Variability, Part II: Spatial Analysis and Determination of Management Zones. **Biosystems Engineering**, v.4, n.84, p.441-453, 2003.

TAIZ, L.; ZEIG, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAYLOR, J.A.; MCBRATNEY, A.B.; WHELAN, B.M. Establishing Management Classes for Broadacre Agricultural Production. **Agronomy Journal**, v.99, n.1, p.1366–1376, 2007.

CAPÍTULO 6 – RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a variabilidade espacial e temporal da qualidade de bebida do café de montanha, colhido no estádio cereja, e gerar mapas temáticos dos níveis de qualidade obtidos selecionando as áreas com características interessantes a produção de cafés especiais.

Os trabalhos de pesquisa foram realizados no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e em duas propriedades produtoras de café (*Coffea arabica L.*). A Fazenda Braúna é situada no município de Araponga, MG, esta propriedade possui 306 ha, em que, 86 são cultivados com café. O Sítio Jatobá está localizada no município de Paula Cândido, MG, possui 100 ha., em que, 60 são cultivados com café.

O trabalho pode ser dividido em três partes, as duas primeiras foram realizadas coletas na Fazenda Braúna enquanto que, a terceira parte foi realizada no Sítio Jatobá.

A primeira parte do trabalho baseou-se no estudo da variabilidade espacial e temporal do teor de sólidos solúveis (brix) dos frutos maduros (cerejas) e a relação desses com a qualidade de bebida do café.

Na segunda parte, de posse das notas de qualidade de bebida obtidas durante cinco safras consecutivas na mesma propriedade (2003/2004 a 2007/2008), foram gerados mapas temáticos. Então, a partir desses mapas foi realizado o estudo da autocorrelação ou arranjo espacial da qualidade, por meio do coeficiente de autocorrelação espacial Índice de Moran.

Na terceira parte, por meio das análises de geoestatística e agrupamentos, se identificou e caracterizou a variabilidade espacial da qualidade de bebida do café, grau brix dos frutos, “status” nutricional (índices DRIS e SPAD), produtividade e maturação, em uma lavoura de café sob pivô central

Dessa forma, com base nos estudos desenvolvidos, pode-se concluir que:

- Apesar da dispersão dos valores de brix terem sido muito próximas para as safras 2006/2007 e 2007/2008, a relação com a qualidade não se manteve para a safra 2007/2008;
- Existe uma variabilidade espacial e temporal dos valores de brix na produção de café, e essa variabilidade pode determinar a qualidade de bebida;
- Os valores observados de brix tenderam a oscilar em ciclos que podem ser associados às fases de maturação, amadurecimento e senescência do fruto. Cada ciclo teve um período aproximado de cinco dias. Ao longo do tempo estes ciclos foram mudando de patamar, sendo que os talhões tenderam a atingir seu pico máximo de brix, ao se aproximar o fim da safra;
- Os valores de grau brix e as notas de qualidade de bebida do início e fim da safra em 2006/2007 foram significativamente diferentes pelo teste t para dados pareados a 5%;
- Existe relação entre alta qualidade de bebida e as características dos locais de produção, as regiões que se destacaram em termos da qualidade produzida apresentaram dependência espacial;
- As variações dos valores de qualidade na fazenda foram semelhantes para as safras 2003/2004 e 2004/2005, enquanto que as safras 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008 também foram semelhantes entre si e com tendência a apresentar notas superiores de qualidade. Dentre todas as safras, a 2007/2008 foi a que apresentou menor dispersão dos dados;
- A região 3 sempre se destacou em relação às demais, a exceção fica para a safra 2007/2008, em que, a região 1 obteve um percentual de talhões com café especial mais alto que as demais;

- Além da variabilidade espacial existe uma variabilidade temporal da qualidade de bebida. Sendo que, os talhões com qualidade especial tiveram menor variabilidade temporal;
- Para o índice de dependência espacial (IDE), as variáveis de índices Dris, com exceção para zinco e cálcio com que foram fortes, todas as demais variáveis de “status” nutricional apresentaram dependência espacial moderada;
- O IDE dos valores de SPAD na área seguiu o padrão dos índices DRIS com dependência moderada;
- A percentagem de frutos verdes apresentou dependência espacial forte, enquanto que a percentagem de frutos maduros teve dependência fraca. As percentagens de frutos verdolengos e passas apresentaram dependência moderada;
- Para o teor de sólidos solúveis, brix dos frutos, houve uma moderada dependência espacial, enquanto que para a qualidade de bebida do café ocorreu uma distribuição aleatória caracterizada pelo efeito pepita puro;
- O mapa do índice de balanço nutricional médio (IBNm) apresentou duas classes próximas ao intervalo de equilíbrio nutricional de -7 a 7.
- Não foi possível estabelecer por meio da análise visual dos mapas uma relação de similaridade entre o SPAD e os índices DRIS individualmente. Observou-se certo grau de similaridade do mapa de SPAD com o de IBNm;
- Não houve alta variabilidade espacial, o que vem a corroborar com os mapas indicadores de “status” nutricional que se mostraram em linhas gerais dentro da zona de equilíbrio;

- Houve similaridade entre o mapa de índice de balanço nutricional médio (IBNm) com o de produtividade.