



**MARCOS PAULO SANTOS LUZ**

**ESTUDO DA RELAÇÃO DE FATORES  
CLIMÁTICOS COM A QUALIDADE DO CAFÉ  
NA MANTIQUEIRA DE MINAS**

**LAVRAS – MG**

**2014**

**MARCOS PAULO SANTOS LUZ**

**ESTUDO DA RELAÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS COM A  
QUALIDADE DO CAFÉ NA MANTIQUEIRA DE MINAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Flávio Meira Borém

Coorientadora

Dra. Margarete Marin Lordelo Volpato

**LAVRAS - MG**

**2014**

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

Luz, Marcos Paulo Santos.

Estudo da relação de fatores climáticos com a qualidade do café  
na Mantiqueira de Minas / Marcos Paulo Santos Luz. – Lavras :  
UFLA, 2014.

84 p. : il.

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

Orientador: Flávio Meira Borém.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Variações edafoclimáticas. 3. Altitude. 4.  
Amplitude térmica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.73

**MARCOS PAULO SANTOS LUZ**

**ESTUDO DA RELAÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS COM A  
QUALIDADE DO CAFÉ NA MANTIQUEIRA DE MINAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de Agosto de 2014.

Dra. Helena Maria Ramos Alves

Embrapa Café - UFLA

Dr. José Henrique da Silva Taveira

UFLA

Dr. Flávio Meira Borém  
Orientador

Dra. Margarete Marin Lordelo Volpato  
Coorientadora

**LAVRAS - MG**

**2014**

Aos meus pais, José Artenio Luz e Leila Maria dos Santos Luz, pela motivação,  
dedicação e apoio para minha formação.

Aos meus irmãos, Mário e Matheus, pela amizade, carinho, respeito e união.

Aos demais familiares e amigos.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria de agradecer a Deus pela força, inteligência e sabedoria que me proporcionou para que eu chegasse até aqui, sobretudo, nos momentos mais difíceis.

À minha família, especialmente a minha mãe, Leila Maria dos Santos Luz, e meu pai, José Artenio Luz, pelo apoio aos estudos, trabalho duro, lutando por minha educação, pela força, incentivo, conselhos, carinho, confiança, incentivo e por nunca ter me deixado desistir.

Aos meus irmãos, Mário e Matheus, pelo respeito, amizade, carinho e apoio, especialmente, nos momentos em que o São Paulo ganhava dos seus respectivos times.

Às minhas avós, aos meus tios e tias, primos e primas, pelo incentivo, amizade, carinho, companheirismo e festas. Em especial, aos meus primos Diego, vulgo Andurinha, e Rodolfo, pelas farras, goles, conversas e, principalmente, pela amizade.

A todos os amigos de Lavras, em especial à turma DEPRESSÃO.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola da UFLA, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

À pesquisadora Margarete Marin Lordelo Volpato, da EPAMIG, que me proporcionou o primeiro contato em pesquisa com cafés. Além disso, com seu conhecimento e apoio, coorientou o trabalho, sendo indispensável para mim durante o mestrado, incentivando e se dedicando, permitindo que fosse realizado.

Ao professor Dr. Flávio M. Borém, pela oportunidade, orientação, incentivo, amizade, dedicação e ensinamentos, que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e o meu desenvolvimento profissional.

Ao Dr. José Henrique da Silva Taveira, à Dra. Helena Maria Ramos Alves, pela participação na banca examinadora.

A toda a equipe do projeto coordenado pelo professor Dr. Flávio M. Borém, do qual este trabalho compôs algumas das metas, pela preciosa ajuda na condução dos experimentos.

Aos integrantes, ex-integrantes e parceiros do Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da UFLA (Fabiana, Samuel, Paula, Diego Ribeiro, Isabella, Camila, Caio, Carlos Henrique, Ricardo, Joel Shuler, José Henrique, Luisa, Murilo, Lucão, Eder, Guilherme, Afonso (Big Bag), Danilo, Janaína, Diego Macedo, Flávio, Lourenço, Giselle, Ana Cláudia, Ana Paula), pela contribuição, convivência, aprendizado e amizade conquistada ao longo deste trabalho.

Às pesquisadoras, Tatiana e Helena, e demais integrantes e ex-integrantes do Laboratório de Geoprocessamento da EPAMIG, o GeoSolos, pela contribuição, convivência, aprendizado e amizade conquistada ao longo deste trabalho.

À Associação dos Produtores de Café da Mantiqueira (APROCAM), à Cooperativa Regional dos Cafeicultores do Vale do Rio Verde (COOCARIVE) e à Cooperativa Regional Agropecuária de Santa Rita do Sapucaí (COOPERRITA), pela colaboração essencial nas campanhas de campo.

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo e o segundo no posto como país consumidor no mercado internacional. Os estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rondônia e São Paulo são os principais produtores do país, cada qual com características próprias relacionadas ao ambiente de produção. Como consequência às variações edafoclimáticas desses estados, a qualidade do café é expressa de diferentes maneiras, podendo resultar em perfis sensoriais característicos. Assim, em regiões montanhosas, como a Mantiqueira de Minas que apresenta grandes desigualdades geográficas, muitas variáveis climáticas podem estar associadas às características sensoriais dos cafés produzidos nessa região. Diante disso, esse estudo teve por objetivo identificar parâmetros climáticos que interferem na qualidade sensorial do café a partir de dados estimados da microrregião Mantiqueira de Minas, assim como de dados coletados *in loco*, ao longo de consecutivas safras. Para os dados climáticos estimados, foram utilizados dados de precipitação, temperatura máxima e mínima, disponibilizados pelo AGRITEMPO - MAPA e distribuídos espacialmente para os anos de 2007 a 2011. A descrição da qualidade sensorial do café produzido na microrregião Mantiqueira de Minas foi realizada baseada em informações cedidas por cooperativas e empresas do setor com atuação direta sobre a região. Para os estudos *in loco*, foi selecionada uma área piloto e realizadas coletas dos dados climáticos (temperatura e umidade do ar, precipitação e radiação) por meio de estações meteorológicas automáticas (EMAs) instaladas em diferentes altitudes, bem como das amostras de café durante as safras agrícolas 2011/2012 e 2012/2013. Posteriormente, foram confrontados os dados referentes ao clima com a nota da bebida do café. Os valores de temperatura do ar foram os que apresentaram maiores diferenças entre as faixas de altitude – abaixo de 1000 m e acima de 1000 m. A partir dos resultados, concluiu-se que a microrregião Mantiqueira de Minas é apta para a produção de cafés com qualidade. Além disso, os valores superiores de amplitude térmica, encontrados em altitudes inferiores a 1000m, estão relacionados com a ocorrência de café com qualidade inferior.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.. Variações edafoclimáticas. Altitude. Amplitude térmica.

## ABSTRACT

Brazil is the biggest coffee exporter and producer in the world and the second in the position of consumer in the international market. The states of Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rondônia and São Paulo are the main producers in the country, each with its own characteristics related to the production environment. Because of the edaphoclimatic variations in these states, the quality of coffee is expressed in different ways, and might result in characteristic sensorial profiles. Thus, in mountainous regions such as in the Mantiqueira de Minas, which presents large geographic inequalities, many climatic variables might be associated to the sensorial characteristics of the coffees produced in this region. Therefore, this study was conducted with the objective of identifying climatic parameters, which interfere in the sensorial quality of the coffee based on data estimated in the Mantiqueira de Minas microregion, as well as data collected *in loco*, over consecutive harvests. For the estimated climatic data, we used precipitation, maximum and minimum temperature data, made available by AGRITEMPO – MAPA and spatially distributed for the years from 2007 to 2011. The description of the sensorial quality of the coffee produced in the Mantiqueira de Minas microregion was performed based on information released by cooperatives and enterprises of the sector acting directly in the region. For the *in loco* studies, we selected a pilot area and performed data collections (temperature and air humidity, precipitation and radiation), by means of the automatic meteorological stations (AMSs) installed at different altitudes, as well as coffee samples during the agricultural crop seasons of 2011/2012 and 2012/2013. Subsequently, the data regarding the climate were confronted with the score of the coffee beverage. The values for air temperature presented the highest differences between the altitude ranges – below 1000 m and above 1000 m. With these results, it was concluded that the Mantiqueira de Minas microregion is fit for the production of quality coffees. In addition, the superior values of-temperature range found at altitudes inferior to 1000 m are related to the occurrence of lower quality coffee.

Keywords: *Coffea arabica* L.. Edaphoclimatic variations. Altitude. Temperature range.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da microrregião Mantiqueira de Minas no sul do estado de Minas Gerais, Brasil .....	26
Figura 2	Mapa de classes de altitude da microrregião Mantiqueira de Minas .....	27
Figura 3	Espacialização das Normais Climatológicas referentes aos dados médios de 30 anos, de 1961 a 1990, para precipitação anual.....	28
Figura 4	Espacialização das Normais Climatológicas referentes aos dados médios de 30 anos, de 1961 a 1990, para temperatura média anual do ar .....	28
Figura 5	Municípios que compõem a microrregião Mantiqueira de Minas, Minas Gerais, Brasil.....	30
Figura 6	Valores médios de pluviosidade (mm) da microrregião Mantiqueira de Minas e do município de Carmo de Minas .....	33
Figura 7	Valores médios de temperatura mínima, máxima e média (°C) da microrregião Mantiqueira de Minas e do município de Carmo de Minas .....	33
Figura 8	Valores médios de altitude (m) da microrregião Mantiqueira de Minas e do município de Carmo de Minas.....	34
Figura 9	Mapas de temperatura máxima para os anos de 2007 a 2011 .....	40
Figura 10	Mapas de temperatura mínima para os anos de 2007 a 2011 .....	42
Figura 11	Mapas da precipitação anual para os anos de 2007 a 2011 .....	44
Figura 12	Mapa da distribuição da qualidade safra 2007/2008 notas mínimas .....	47
Figura 13	Mapa da distribuição da qualidade safra 2008/2009 notas mínimas .....	48

Figura 14 Mapa da distribuição da qualidade safra 2009/2010 notas mínimas .....	49
Figura 15 Mapa da distribuição da qualidade safra 2010/2011 notas mínimas .....	50
Figura 16 Mapa da distribuição da qualidade safra 2007/2008 notas máximas .....	52
Figura 17 Mapa da distribuição da qualidade safra 2008/2009 notas máximas .....	53
Figura 18 Mapa da distribuição da qualidade safra 2009/2010 notas máximas .....	54
Figura 19 Mapa da distribuição da qualidade safra 2010/2011 notas máximas .....	55
Figura 20 Mapa da distribuição da qualidade safra 2007/2008 notas médias ..	57
Figura 21 Mapa da distribuição da qualidade safra 2008/2009 notas médias ..	58
Figura 22 Mapa da distribuição da qualidade safra 2009/2010 notas médias ..	59
Figura 23 Mapa da distribuição da qualidade safra 2010/2011 notas médias ..	60
Figura 24 Temperatura média do ar de julho de 2011 a junho de 2013 .....	62
Figura 25 Amplitude térmica do ar de julho de 2011 a junho de 2013 .....	64
Figura 26 Precipitação anual de julho de 2011 a junho de 2013 .....	66
Figura 27 Radiação Solar de julho de 2011 a junho de 2013 .....	68
Figura 28 Radiação Solar de julho de 2011 a junho de 2013 .....	70
Figura 29 Gráficos de diferenças (A), (B) e (C) e Correlogramas (D), (E) e (F) para Precipitação (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), Precipitação (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) e Umidade Relativa do Ar (entre 1000 e 1200 m – acima de 1200 m), respectivamente.....	72

Figura 30 Gráficos de diferença para (A) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (B) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (C) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (D) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (E) Amplitude Térmica (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) e (F) Temperatura Máxima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) .. 73

Figura 31 Correlogramas para (A) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (B) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (C) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (D) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (E) Amplitude Térmica (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) e (F) Temperatura Máxima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) ..... 74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
2.1	Fenologia do cafeeiro .....	16
2.2	Caracterização de áreas bioclimáticas para a produção de café .....	17
2.3	A qualidade sensorial do café .....	20
2.3.1	Aptidão climática para a qualidade do café .....	22
2.4	Área de estudo: microrregião Mantiqueira de Minas .....	25
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	29
3.1	A microrregião Mantiqueira de Minas .....	29
3.1.1	Caracterização do clima a partir de dados estimados .....	30
3.1.2	Caracterização da qualidade sensorial do café com base em dados secundários .....	31
3.2	A área piloto representativa da microrregião Mantiqueira de Minas .....	32
3.2.1	Caracterização microclimática .....	34
3.3	Caracterização da qualidade sensorial do café com base em dados primários .....	35
3.4	Análises estatísticas .....	36
3.5	Análises descritivas .....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	38
4.1	Descrição do clima da microrregião Mantiqueira de Minas .....	38
4.1.1	Descrição da qualidade sensorial do café relacionada com o clima .....	45
4.2	Descrição microclimática da área piloto .....	61
4.2.1	Análise estatística das séries climáticas para a área piloto .....	71
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	77
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	78

## 1 INTRODUÇÃO

O café é historicamente estratégico para as exportações brasileiras. O mesmo tem garantido ao Brasil o primeiro lugar como produtor e exportador e o segundo posto como país consumidor no mercado internacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014). A distribuição da cafeicultura brasileira ocorre, principalmente, nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rondônia e São Paulo, cada qual com características próprias relacionadas ao ambiente e a tecnologia de produção.

A maior região produtora de café no Brasil é o sul do estado de Minas Gerais. A produção dessa região corresponde a 50,2% do total produzido no estado e a 26,2% do total produzido no país (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014). Além disso, é marcada, também, por grandes variações edafoclimáticas, fazendo com que a qualidade do café se expresse de maneiras distintas.

Neste contexto, os cafés produzidos em uma microrregião localizada no sul de Minas Gerais, denominada Mantiqueira de Minas, vêm obtendo crescente reconhecimento pelo mercado internacional. Esse reconhecimento muito se deve pela consistência apresentada nos resultados dos principais concursos de qualidade realizados no Brasil e pelas características sensoriais encontradas nos cafés dessa microrregião.

No Brasil e no mundo, a qualidade do café tem sido estudada por diversos pesquisadores (AVELINO et al., 2002; AVELINO et al., 2005; BARBOSA et al., 2014; BERTRAND et al., 2006; BORÉM et al., 2013; DECAZY et al., 2003; FIGUEIREDO et al., 2013; ISQUIERDO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2011). Trata-se de estudos complexos que envolvem análises desde interações entre ambiente e genótipo, até as interferências do processamento, da secagem e do armazenamento do café.

Com relação às interações entre ambiente e genótipo, alguns estudos avançaram na identificação de materiais promissores, principalmente para a espécie *Coffea arabica*. L. (FERREIRA et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2013). Como exemplo, a cultivar Bourbon, que tem sido bastante explorada por apresentar elevado potencial de expressão da qualidade sensorial em regiões de melhor aptidão climática, sendo, por essa razão, altamente valorizada no mercado. No entanto, diante da diversidade de materiais disponíveis e cultivados, muitos questionamentos referentes à qualidade merecem maior aprofundamento técnico e científico.

Nos últimos anos, as interferências dos fatores ambientais sobre o crescimento, o desenvolvimento e a produção do cafeeiro foram, amplamente, estudadas (ASSAD et al., 2001; CAMARGO, 1985; CAMARGO; CAMARGO, 2001; MATIELLO et al., 2005; MEIRELES et al., 2009; REDDY, 1979; THOMAZIELLO et al., 2000). Entretanto, ainda, são escassos conhecimentos que expliquem as interferências de fatores edafoclimáticos sobre a qualidade do café avaliada, baseada em atributos sensoriais positivos, ou seja, sem a presença de qualquer defeito na bebida.

Dos fatores ambientais considerados mais impactantes na qualidade sensorial do café, a altitude tem sido o mais estudado (ALVES et al., 2011; AVELINO et al., 2005; BERTRAND et al., 2006; DECAZY et al., 2003; GUYOT et al., 1996). Nesses estudos, cabe ressaltar que os efeitos da altitude foram considerados indiretos, pois a sua variação é que resulta em diferentes condições climáticas para o ambiente. Dessa forma, a temperatura e a umidade relativa do ar, a radiação solar e a precipitação são, além de outros, exemplos de fatores climáticos que podem variar em função da altitude.

Assim, em regiões montanhosas como a Mantiqueira de Minas, onde existem lavouras instaladas em diferentes condições ambientais, muitas variáveis climáticas podem estar associadas às características sensoriais dos

cafés produzidos nessa região. Com isso, estudos sobre a qualidade desses cafés, delimitados a ambientes homogêneos e cultivares comerciais, podem fornecer subsídios para tomadas de decisão voltadas ao estímulo da competitividade e da sustentabilidade da cafeicultura dessa região.

Portanto, esse estudo objetivou-se em identificar parâmetros climáticos que interferem na qualidade sensorial do café com base em dados estimados da microrregião Mantiqueira de Minas, assim como de dados coletados *in loco*, ao longo de consecutivas safras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fenologia do cafeeiro

Grande parte das plantas emite as inflorescências na primavera e frutifica no mesmo ano fenológico. O cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) é uma planta diferenciada, que leva dois anos para completar o ciclo fenológico. No primeiro, formam-se os ramos vegetativos, com gemas axilares nos nós, durante os meses de dias longos. Em janeiro, quando os dias começam a se encurtar, as gemas vegetativas axilares são induzidas por fotoperiodismo em gemas reprodutivas (GOUVEIA, 1984).

Em abril, depois do equinócio de março, com os dias curtos com menos de 13 horas de luz efetiva, intensifica-se a indução das gemas foliares existentes para gemas florais, que começam a se desenvolver (PIRINGER; BORTHWICK, 1955). Essas gemas florais vão amadurecendo e, quando maduras, entram em dormência e ficam prontas para a antese, quando ocorre um aumento substancial do potencial hídrico nas gemas dormentes. O choque hídrico, causado por chuva ou irrigação, é o principal fator para desencadear a florada. Outros motivos, como um acentuado aumento da umidade relativa do ar, mesmo que os cafeeiros não recebam chuva diretamente, poderá, também, provocar a florada (CAMARGO; FRANCO, 1985; MEIRELES et al., 2009).

O segundo ano fenológico inicia-se com a florada, formação dos chumbinhos, que precede a expansão dos grãos até atingir o tamanho normal. Em seguida ocorre a granação dos frutos e a fase de maturação. Finalmente advém a senescência, morte dos ramos plagiotrópicos terminais e a conhecida autopoda. Na primavera do ano civil seguinte, brotam novos ramos vegetativos, que se transformam em reprodutivos, permitindo nova produção, defasada no ano seguinte (CAMARGO; FRANCO, 1985; MEIRELES et al., 2009).

Finalmente, as fases vegetativas e reprodutivas passam por estádios de desenvolvimento que determinam fases fenológicas importantes, que influenciam a uniformidade da floração, tem implicações diretas na uniformidade da maturação dos frutos e, em última instância, na qualidade final do produto (PEZZOPANE et al., 2003; RENA; MAESTRI, 1985).

## **2.2 Caracterização de áreas bioclimáticas para a produção de café**

Em regiões montanhosas, como no Sul de Minas Gerais, é comum observar, em uma mesma lavoura cafeeira, variações no crescimento e desenvolvimento dos componentes vegetativos e reprodutivos das plantas, dentro e entre talhões. Como consequência, a produção desses cafés é diversificada. Segundo Camargo (2007), variáveis macro e micro climáticas tais como temperatura do ar, radiação, precipitação pluviométrica e as características do solo estão entre os fatores que mais afetam o desenvolvimento de cafeeiros.

De modo geral, nas regiões cafeeiras do Brasil, ocorre um crescimento vegetativo rápido na estação quente e chuvosa (setembro a março) e outro de baixa atividade na estação seca e fria (março a setembro) (AMARAL, 1991; NACIF, 1997). Este crescimento sazonal está bem estabelecido em termos de macroclima. Por outro lado, percebe-se, dentro de uma mesma lavoura, que o cafeeiro tem grande capacidade de se adaptar a variações do ambiente (microclima), mediante modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas.

A influência das temperaturas máximas e mínimas sobre o desenvolvimento do cafeeiro é compreendida considerando o conceito de graus-dia, que, segundo Arnold (1959), baseia-se no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionada à temperatura do meio. As temperaturas médias anuais do ar mais favoráveis são aquelas que ocorrem entre 18 e 22°C, e a ideal entre 19 e 21°C, desde que sejam regiões

livres ou pouco sujeitas a geadas. As regiões que possuem temperatura média anual inferior a 18°C e superior a 23°C são consideradas inaptas para o café arábica (CAMARGO, 1985; ASSAD et al., 2001). Temperaturas médias anuais muito baixas, inferiores a 18°C provocam atrasos demasiados no desenvolvimento dos frutos, cuja maturação pode sobrepor-se ou ultrapassar a florada seguinte, prejudicando a vegetação e a produção do cafeeiro (CAMARGO, 1985).

Ainda, segundo Sedyama et al. (1998), temperaturas do ar iguais ou inferiores a 2°C implicam na formação de geadas de radiação. Entretanto, as encostas de face sul e sudoeste podem estar sob influência de ventos moderados a fortes, com temperaturas do ar baixas, ocasionando sintomas típicos de crestamento foliar nos períodos de inverno.

O cafeeiro arábica, cultivado em condições de temperaturas médias elevadas, ou seja, acima de 23°C, apresenta frutos com desenvolvimento e maturação, demasiadamente, precoces (CAMARGO, 1985). Segundo Reddy (1979), após o reinício das chuvas, ocorre a quebra de dormência dos botões florais e reinício de um crescimento rápido até a antese. O monitoramento da divisão meiótica, de acordo com os autores, indicou retardo e prejuízo nos últimos estágios reprodutivos em virtude das temperaturas moderadamente elevadas, como 30,2°C até 33,2°C em condições de laboratório e campo.

Segundo Matiello et al. (2005), as temperaturas ótimas para o crescimento vegetativo do cafeeiro arábica jovem (até 12 meses de idade) são de 30°C dia e 23 °C noite. À medida que a planta cresce, elas diminuem e, após um ano e meio de idade, as temperaturas ideais, diurnas e noturnas, situam-se em torno de 23 °C e 17°C. A máxima fotossíntese ocorre a uma temperatura de 24 °C, havendo um decréscimo de 10% no processo, com o aumento de cada grau da temperatura acima. Assim, a 34°C a fotossíntese é nula. Para o sistema

radicular, a temperatura do solo ideal situa-se na faixa de 24 a 27°C. Acima de 33°C, já ocorre prejuízo no desenvolvimento do cafeeiro.

Para as flores, a melhor temperatura é de 23°C dia - 17°C noite e a formação de flores decresce em temperaturas mais elevadas, chegando até a falta de floração, quando as temperaturas atingem 30°C dia - 23°C noite (THOMAZIELLO et al., 2000). Deve-se considerar, também, que a influência da temperatura sobre a iniciação floral apresenta relação direta com o crescimento vegetativo e com as condições gerais da planta. Em condições favoráveis de temperatura, plantas de café tornam-se mais vigorosas e desenvolvem maior número de gemas por nó produtivo.

A caracterização das exigências térmicas do cafeeiro, com o uso do conceito de graus-dia tem sido uma importante ferramenta para avaliar a duração do ciclo produtivo e a produção da cultura. Alguns estudos, como o de Caramori et al. (2007), têm utilizado a técnica de graus-dia para determinar as fases de crescimento, desenvolvimento de gemas e maturação dos frutos do cafeeiro arábica. Já Pezzopane et al. (2008) determinaram para o café arábica cv. Mundo Novo, a temperatura base inferior e a soma térmica, expressa em graus-dia, para o florescimento-colheita, utilizando dados fenológicos de cultivos dos anos de 1971 a 2004. Foi proposto, ainda, um fator de correção para o cálculo de graus-dia em função da disponibilidade hídrica nos oito primeiros decêndios após o florescimento.

No cafeeiro, como na maioria das plantas C3, a fotossíntese da folhagem externa é saturada acerca de um terço da irradiância máxima incidente sobre a copa (MATTA et al., 2001; MATTA, 2004). Em consequência das adaptações nos processos morfológicos e metabólicos, os cafeeiros cultivados sob intensas radiações tendem a apresentar maior produção (MORAIS et al., 2006).

Portanto, analisando o cafeeiro como um todo, percebe-se que são muitos os fatores climáticos que afetam o seu desenvolvimento, com alterações

no metabolismo e, conseqüentemente, na sua sobrevivência e até mesmo produção. No entanto, cabe ressaltar que a intensidade da resposta ao estresse depende do material genético cultivado.

### **2.3 A qualidade sensorial do café**

A qualidade do café é descrita, por meio da avaliação de suas características físicas e sensoriais, baseadas na classificação por peneira, tipo, pelo aspecto visual e análise da bebida (BRASIL, 2003). Já a sua qualidade sensorial é determinada, principalmente, pelo sabor e aroma formados durante a torração com base em precursores presentes no grão cru. A formação e a presença desses precursores dependem de fatores genéticos e ambientais, assim como de interferências do processamento, da secagem e do armazenamento do café (ALVES et al., 2011; AVELINO et al., 2002; AVELINO et al., 2005; BARBOSA et al., 2014; BERTRAND et al., 2006; BOREM et al., 2013; DECAZY et al., 2003; FIGUEIREDO et al., 2013; ISQUIERDO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2011).

O aroma, a acidez, o amargor, o corpo, o sabor e a impressão global da bebida são considerados os atributos sensoriais do café. Pela sua intensidade e balanço, avalia-se a qualidade do café (PUERTA-QUINTERO, 1999). Esta avaliação é feita, segundo Mônaco (1958), por meio dos órgãos dos sentidos, especialmente gosto, olfato e tato. Embora possa se apresentar como uma avaliação subjetiva, a análise sensorial é o método mais utilizado para a caracterização da qualidade de bebida do café e, ainda que seja passível de erros, não se encontrou, até o presente momento, outra opção, em vista da complexidade dos fatores que envolvem a manifestação de aromas e sabores.

Segundo Cantergiani et al. (1999), o sabor é o atributo mais importante para a avaliação da qualidade do café e, também, um dos principais responsáveis

pela preferência do consumidor. Dentre as características de sabor, a doçura é uma das mais desejáveis nos cafés gourmets (ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ, 1991). Portanto, é necessário que o degustador de café tenha sensibilidade olfativa e gustativa, para poder diferenciar nuances especiais formadas na bebida, identificando com precisão a sua qualidade (ILLY, 2002).

Diante das diferenças sensoriais existentes na bebida de cafés, produzidos em diferentes partes do mundo, surge o conceito de café especial. Esse conceito está ligado ao prazer que a bebida pode proporcionar, por meio de algum atributo específico, processo de produção ou serviço a ele associado.

Cafés especiais diferenciam-se dos cafés comuns por características como qualidade superior da bebida, aspecto dos grãos, forma de colheita, tipo de preparo, história, origem dos plantios, cultivares e quantidades limitadas, entre outras. No entanto, a qualidade e a complexidade da bebida é, certamente, o principal diferencial de um café especial, o qual é tanto mais valorizado quanto mais rara e exótica for a sensação de prazer e percepção sensorial proporcionada ao consumidor (SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMÉRICA, 2012).

A história recente do café relata mudanças nos padrões de consumo, indicando novas dinâmicas associadas à diferenciação qualitativa desse produto. Tamanho é este impacto que a demanda pelos grãos especiais cresce em torno de 15% ao ano, contra o crescimento de cerca de 2% do café *commodity*. O segmento representa, hoje, cerca de 12% do mercado internacional da bebida. O valor de venda atual, para alguns cafés diferenciados, tem sobrepreço que varia entre 30% e 40% em relação ao café cultivado de modo convencional. Em alguns casos, pode ultrapassar a barreira dos 100% (BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION, 2012).

Os números do mercado interno mostram que o café especial está “caindo no gosto” do brasileiro. Segundo Associação Brasileira de Cafés

Especiais – BSCA (BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION, 2012), em 2008, das 17 milhões de sacas de café consumidas no país, apenas 500 mil eram especiais. Já em 2011, das 20 milhões de sacas consumidas, um milhão era especial.

### **2.3.1 Aptidão climática para a qualidade do café**

Camargo, Santinato e Cortez (1992) citam que os fatores climáticos fundamentais para a definição da aptidão climática são o térmico e o hídrico, representados pela temperatura média anual e pela deficiência hídrica nos períodos críticos da cultura. A espécie *Coffea arabica* L. é originária de áreas tropicais da Etiópia localizadas entre 6° e 9° Norte de latitude, em altitudes que variam entre 1600 e 2000 metros. A temperatura média anual nessa região é de 18°C a 20°C (mínima de 4°C e máxima de 31°C) e a precipitação anual é de 1.500 a 1.800 mm. A estação chuvosa é concentrada no verão, de março a outubro, com ocorrência de inverno seco de novembro a fevereiro (CAMARGO; PEREIRA, 1994).

No Brasil, toda a cafeicultura está situada em áreas com latitudes superiores a 4°, encontrando-se em condições tropicais e não equatoriais, apresentando um ciclo fenológico bem definido: florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e colheita no inverno.

As faixas de aptidão para a produção do café, contudo, são normalmente mais amplas que as referentes à qualidade da bebida. Os parâmetros macroclimáticos considerados como favoráveis para a obtenção de bebida com qualidade superior podem ser altamente influenciados por efeitos oroclimáticos e topoclimáticos, que fazem aumentar a umidade ambiente afetando, entre outros, a composição química da mucilagem do café, o tipo de atividade microbiana e a intensidade do processo fermentativo. Desta forma, mesmo

regiões propícias à produção de cafés de boa qualidade possuem uma diversidade climática que causa variações nas características da bebida (acidez, corpo e aroma). Isto, contudo, pode representar uma grande vantagem para o Brasil, país de dimensões continentais, pois uma vez que a interferência de microorganismos nos processos fermentativos seja controlada, é possível produzir cafés com características regionais de aroma e sabor e atender mercados consumidores com exigências diversas, a exemplo do que já acontece com os vinhos (ALVES et al., 2011; BARBOSA et al., 2014; BORÉM et al., 2013).

É conhecido o fato que temperaturas baixas são responsáveis pelo adiamento do processo de amadurecimento, que, por sua vez, leva ao maior acúmulo de químicos associados à melhora do aroma do café (VAAST et al., 2006). Então, a elevação da altitude está relacionada ao aumento da qualidade sensorial da bebida (RIBEIRO, 2013). Serrano e Castrillón (2002) estudaram a relação entre a altitude (1450 a 1650 m) e a qualidade do café no município de Fresno, Colômbia, e relataram melhoria significativa da bebida em altitudes mais elevadas. Em Honduras, Decasy et al. (2003) observaram cafés de qualidade superior em locais com altitudes elevadas e precipitações anuais abaixo de 1500 mm.

Bertrand et al. (2006) investigaram a qualidade da bebida de três tipos de variedades de café arábica localizados em diversos ensaios em altitudes que variaram de 700 a 1600 m em El Salvador, Costa Rica e Honduras e observaram que os cafés localizados em altitudes elevadas apresentaram efeito significativo positivo na composição bioquímica dos grãos. Os parâmetros microclimáticos, contudo, não foram registrados e, portanto, não foi possível concluir se os efeitos da altitude são, principalmente, relacionados ao gradiente de temperatura ou a outras variáveis edafoclimáticas.

Um estudo mais detalhado relacionando às principais variáveis climáticas (temperatura, precipitação, irradiância e evapotranspiração potencial) e à composição bioquímica de grãos foi proposto por Joët et al. (2010). Entretanto, os resultados, ainda, foram contraditórios, demonstrando a complexidade de se encontrar relações consistentes entre variáveis edafoclimáticas, constituintes bioquímicos e a melhoria do aroma e sabor da bebida do café.

Para melhor compreender as relações entre o clima, a maturação dos grãos e a qualidade da bebida de café arábica, em algumas localidades de Minas Gerais, Cortez (1997) utilizou o cálculo do somatório de evapotranspiração potencial. Constatou que as melhores condições climáticas para produzir, naturalmente, bebidas finas foram encontradas em propriedade localizada em Carmo do Paranaíba (1050 m de altitude), em razão do elevado déficit hídrico no momento da colheita. Em Machado e Ouro Fino (1050 e 900 m de altitude, respectivamente), em virtude do moderado déficit hídrico e temperaturas baixas suficientes para interromper processos fermentativos que prejudicam a bebida. Estes resultados, contudo, são apenas indicativos do potencial regional e não informam sobre a influência dos parâmetros climáticos sobre a qualidade da bebida do café desconsiderando a presença de defeitos.

Outro fator ambiental de grande relevância para a cafeicultura é o relevo que, para uma mesma região, diferencia climas mais frios em altitudes maiores, quando comparados à média regional. Existe, também, a influência da exposição das encostas que afeta os níveis de radiação solar. Contudo, são poucos os trabalhos em que se avaliam essa influência na qualidade do café. Avelino et al. (2005) realizaram um estudo sobre os efeitos da altitude e a disposição geográfica de encostas para dois terroirs da Costa Rica: Orosi e Santa Maria de Dota e constataram diferenças nas bebidas dos cafés que são produzidos nestas

áreas distintas. Os autores verificaram que quanto maior a altitude, maior a qualidade.

Também, no que se refere ao clima, altas altitudes são sinônimos de baixas temperaturas. Conforme Ayoade (2003), a temperatura do ar decresce a uma taxa média de 0,6 °C a cada 100 m de altitude crescente. Dessa forma, em relação à temperatura, as diversas regiões produtoras de café sofrem a influência das interações entre latitude e altitude. Laviola et al. (2007), trabalhando com o cultivo de cafeeiro em altitudes distintas, comprovaram que a alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro são influenciados pela altitude.

Por fim, Decazy et al. (2003) relatam que a altitude e o clima desempenham um importante papel por meio da temperatura e da disponibilidade de água e luz, durante o período de maturação do cafeeiro.

#### **2.4 Área de estudo: microrregião Mantiqueira de Minas**

A microrregião Mantiqueira de Minas está localizada no sul do estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). Segundo dados do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008), essa região faz parte da Bacia do Rio Grande, cortada pelos rios Sapucaí, Verde e Rio Grande.

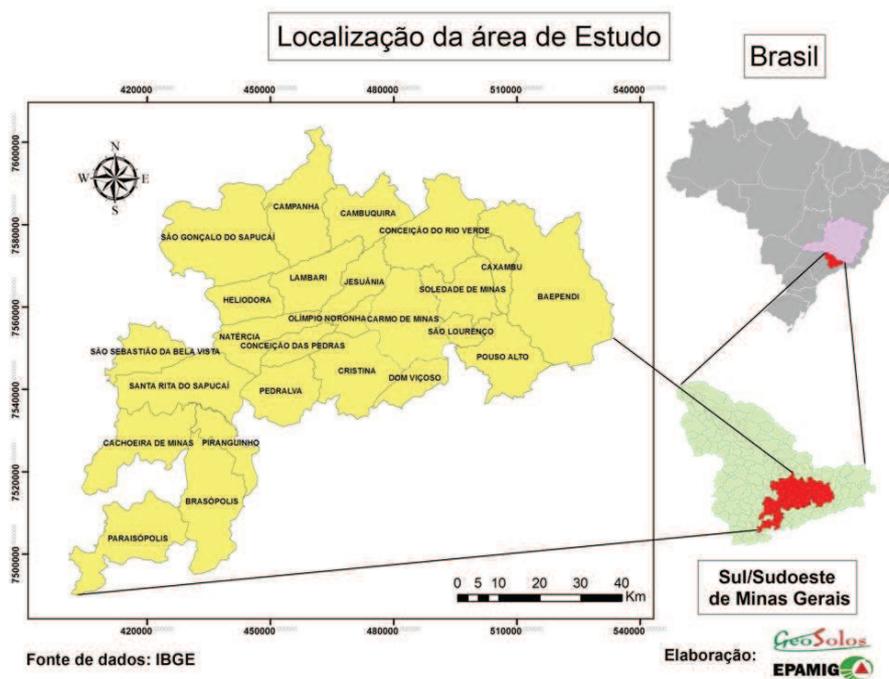


Figura 1 Localização da microrregião Mantiqueira de Minas no sul do estado de Minas Gerais, Brasil

Fonte: GeoSolos – EPAMIG.

Por estar localizada na Serra da Mantiqueira, a microrregião Mantiqueira de Minas apresenta uma grande variação de altitude (Figura 2). Essas altitudes variam de 812 m, localizada no município de Santa Rita do Sapucaí, a 2250 m, localizada no município de Baependi.

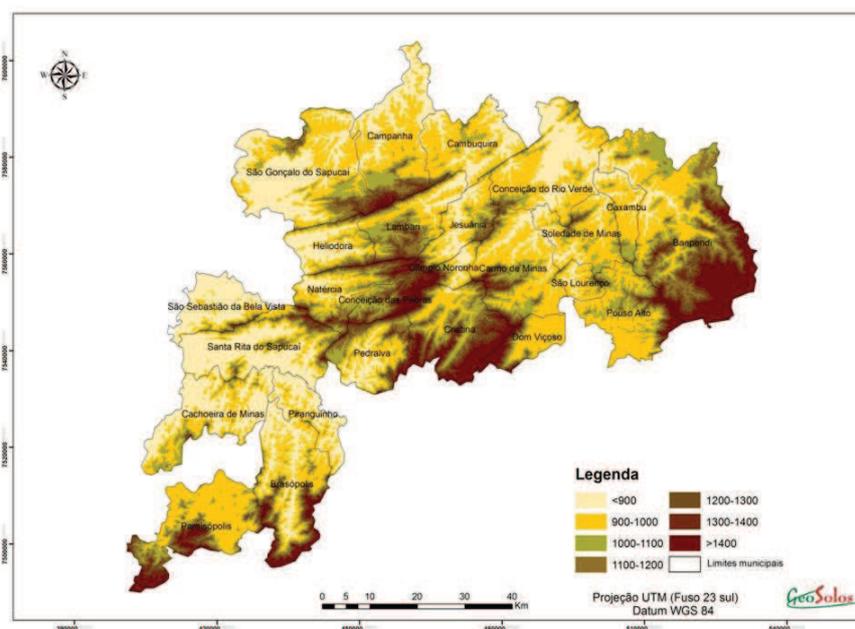


Figura 2 Mapa de classes de altitude da microrregião Mantiqueira de Minas

Os parâmetros utilizados para a caracterização e o mapeamento climático da microrregião Mantiqueira de Minas foram temperatura e precipitação. Para isso, foram utilizados dados climáticos do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG), elaborado por Carvalho et al. (2007), referentes às Normais Climatológicas de 30 anos, média do período de 1961 a 1990. Nas Figuras 3 e 4, são apresentadas as espacializações dos dados climáticos, disponibilizados pelo ZEE-MG, para pluviosidade anual e temperatura média anual do ar, respectivamente.

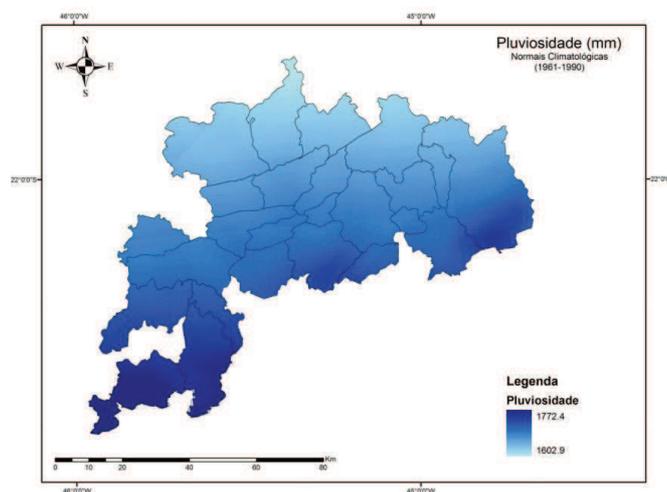


Figura 3 Espacialização das Normais Climatológicas referentes aos dados médios de 30 anos, de 1961 a 1990, para precipitação anual

Fonte: ZEE-MG (CARVALHO et al., 2007).

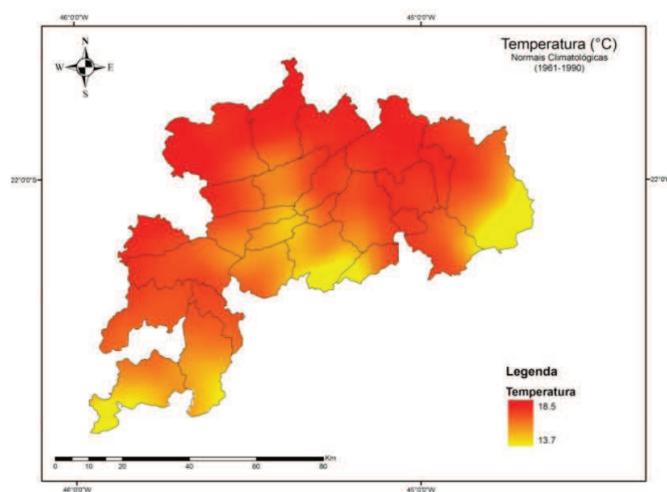


Figura 4 Espacialização das Normais Climatológicas referentes aos dados médios de 30 anos, de 1961 a 1990, para temperatura média anual do ar

Fonte: ZEE-MG (CARVALHO et al., 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo compôs algumas das metas propostas no projeto intitulado “*Protocolo de identidade, qualidade e rastreabilidade para embasamento da indicação geográfica dos cafés da Mantiqueira*”, realizado com o objetivo de obter a indicação geográfica, na modalidade denominação de origem, dos cafés da microrregião Mantiqueira de Minas. Para tanto, são necessárias fundamentações técnico-científicas que evidenciem as relações entre as características sensoriais do café com as características do ambiente de produção. Sendo assim, as ações do presente estudo foram realizadas considerando diferentes escalas. Uma em escala regional, com descrições da microrregião Mantiqueira de Minas. E outra, com descrições detalhadas de uma área piloto selecionada como representativa de toda a região.

#### 3.1 A microrregião Mantiqueira de Minas

Para atender as ações de pesquisa do presente estudo, a microrregião Mantiqueira de Minas foi delimitada aos municípios de Baependi, Brasópolis, Cachoeira de Minas, Cambuquira, Campanha, Carmo de Minas, Caxambu, Conceição das Pedras, Conceição do Rio Verde, Cristina, Dom Viçoso, Heliódora, Jesuânia, Lambari, Natércia, Olímpio Noronha, Paraisópolis, Pedralva, Piranguinho, Pouso Alto, Santa Rita do Sapucaí, São Gonçalo do Sapucaí, São Lourenço, São Sebastião da Bela Vista e Soledade de Minas. A delimitação desses municípios representa uma área total de 543.043 ha e sua posição geográfica encontra-se inserida em um retângulo envolvente com as coordenadas latitudes sul de 21° 39' 43'' e 22°46'10'' e longitude de 46° 2' 20'' e 44°34'28'' a oeste, conforme apresentado na Figura 5.

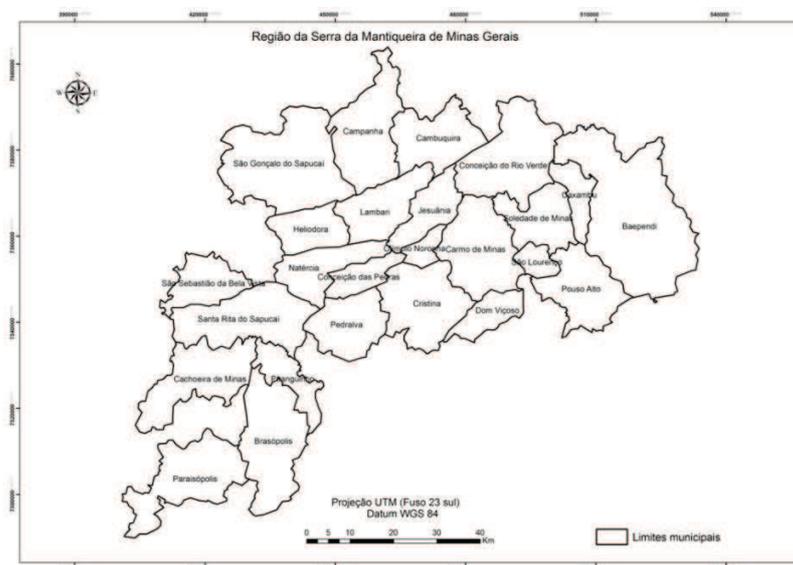


Figura 5 Municípios que compõem a microrregião Mantiqueira de Minas, Minas Gerais, Brasil.

Fonte: LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO DA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, 2014

### 3.1.1 Caracterização do clima a partir de dados estimados

Além da espacialização das Normais Climatológicas referentes aos dados médios de 30 anos, foram distribuídos, especialmente, os dados meteorológicos da microrregião Mantiqueira de Minas para os anos de 2007 a 2011. Para isso, foram utilizados dados climáticos de precipitação, temperatura máxima e mínima disponibilizados pelo AGRITEMPO - MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2014) de estações meteorológicas localizadas nos municípios descritos na tabela 1.

Considerando as coordenadas dos pontos das estações meteorológicas e dos valores assumidos pela variável desejada (precipitação e temperatura) em cada ponto de observação, foram obtidos mapas da distribuição espacial desta

variável utilizando-se um algoritmo de interpolação. Isto significa que os valores dos pontos desconhecidos foram estimados com base nos pontos observados. Dentre os vários métodos de interpolação que podem fornecer diferentes resultados, o método Inverso do Quadrado da Distância foi o escolhido, pois apresentou o melhor resultado para a região (SILVA et al., 2013).

Tabela 1 Localidades utilizadas na obtenção de dados de temperatura e precipitação

<b>Localidade</b>	<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
Aiuruoca/MG	Agritempo	21°45'	44°45'	1021
Camanducaia/MG	Agritempo	22°45'	46°00'	645
Cambuquira/MG	Agritempo	21°45'	45°15'	920
Campos do Jordão/SP	INMET	22°43'	45°34'	1580
Lavras/MG	Agritempo	21°15'	45°00'	1062
Machado/MG	INMET	21°40'	45°55'	873
Maria da Fé/MG	INMET	22°18'	45°22'	1276
São Lourenço/MG	INMET	22°08'	45°02'	953
Soledade de Minas/MG	CEMIG	22°01'	45°05'	1148
Varginha/MG	Agritempo	21°30'	45°30'	832

Agritempo: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico; CEMIG: Companhia Energética de Minas Gerais; INMET: Instituto Nacional de Meteorologia.

### **3.1.2 Caracterização da qualidade sensorial do café com base em dados secundários**

A descrição da qualidade sensorial do café produzido na microrregião Mantiqueira de Minas foi realizada baseada em informações cedidas por cooperativas e empresas do setor com atuação direta sobre a região. As cooperativas que cederam as informações foram: Cooperativa Regional dos Cafeicultores do Vale do Rio Verde – COCARIVE, Cooperativa Regional

Agropecuária de Santa Rita do Sapucaí – COOPERRITA, Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Varginha – MINASUL e Cooperativa Agropecuária do Vale do Sapucaí – COOPERVASS. Além dessas cooperativas, foram coletados dados cedidos pela CarmoCoffees, empresa atuante no setor de comercialização de cafés da região.

Foram coletados dados referentes a quatro safras agrícolas de 2007/2008 a 2010/2011, contendo as seguintes informações: origem dos dados, controle interno ou código, safra agrícola, propriedade, nome do produtor, município, nota da bebida, classificação sensorial descritiva, tipo de processamento e número de sacas produzidas. No entanto, para descrever a qualidade sensorial do café de maneira representativa da região, foram utilizados os dados de safra, município, nota da bebida e número de sacas de cada amostra recebida e analisada pela cooperativa ou empresa concedente. Para isso, foi realizada a média ponderada da nota da bebida em relação ao número de sacas produzidas para cada município e safra.

Baseadas nas notas (mínimas, máximas e médias) encontradas, foram elaborados mapas com as notas dos respectivos municípios para cada safra analisada.

### **3.2 A área piloto representativa da microrregião Mantiqueira de Minas**

Considerando a dificuldade para se implantar o presente estudo com mais profundidade em toda a microrregião Mantiqueira de Minas, por se tratar de uma área muito extensa, foi selecionada uma área piloto para estudos detalhados. Nessa área foram realizadas coletas *in loco*, incluindo os dados climáticos e as amostras de café.

Dentre os municípios inseridos na microrregião Mantiqueira de Minas, Carmo de Minas (22°07'21" de latitude sul e 45°07'45" de longitude oeste) foi

selecionado para implantar a área de coleta de dados *in loco*. Isso porque os dados médios de pluviosidade, temperatura e de elevação do relevo (altitude) desse município representaram, satisfatoriamente, o ambiente característico da microrregião estudada (Figura 6 a 8).

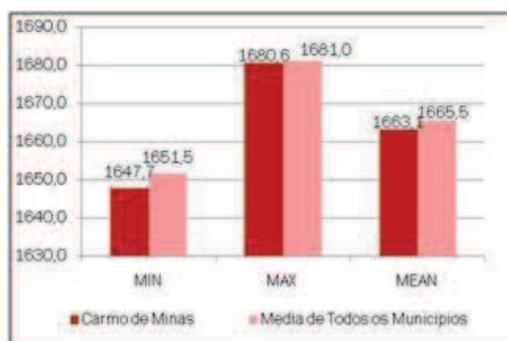


Figura 6 Valores médios de pluviosidade (mm) da microrregião Mantiqueira de Minas e do município de Carmo de Minas

(Fonte: BORÉM, 2012).

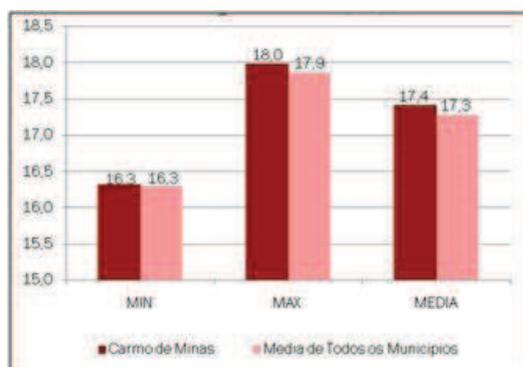


Figura 7 Valores médios de temperatura mínima, máxima e média (°C) da microrregião Mantiqueira de Minas e do município de Carmo de Minas

(Fonte: BORÉM, 2012).

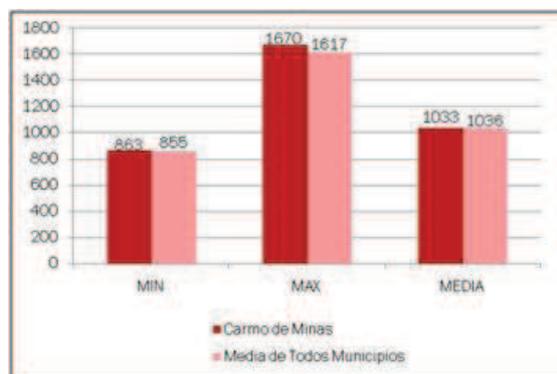


Figura 8 Valores médios de altitude (m) da microrregião Mantiqueira de Minas e do município de Carmo de Minas

(Fonte: BORÉM, 2012).

### 3.2.1 Caracterização microclimática

Para a caracterização microclimática da área piloto, foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar e precipitação, referentes às safras agrícolas 2011/12 e 2012/13. Para isso, foram instaladas estações meteorológicas automáticas (EMAs) em lavouras de café localizadas em três classes de altitude (inferior a 1.000 m, entre 1.000 e 1.200 m e superior a 1.200 m). A coleta dos dados foi realizada, diariamente, iniciando-se no mês de julho e encerrando-se no mês de julho, para cada safra estudada. Após a coleta, todos os dados foram processados e analisados no laboratório de Geoprocessamento – GeoSolos – da Unidade Regional EPAMIG Sul de Minas – URESM, localizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

### **3.3 Caracterização da qualidade sensorial do café com base em dados primários**

A descrição da qualidade sensorial da bebida do café, produzido na área piloto, foi realizada baseada em amostras coletadas em campo. Para isso, foram colhidas amostras de café (*Coffea arabica* L.) em lavouras comerciais ao longo de duas safras agrícolas (2011/12 e 2012/13).

O delineamento experimental foi baseado no estudo da interação entre ambiente e genótipo. Desse modo, o ambiente de cultivo do café foi estratificado em três classes de altitude (inferior a 1.000 m, entre 1.000 e 1.200 m e superior a 1.200 m) e, para cada um desses ambientes, foram coletados frutos representativos de dois genótipos: Bourbon Amarelo (frutos amarelos) e Acaiá (frutos vermelhos). Para todas as combinações, envolvendo ambiente e genótipo, foram coletadas 12 repetições, totalizando, assim, 72 amostras por safra.

A colheita foi realizada manual e seletivamente, coletando-se somente os frutos maduros. Em seguida, os frutos foram separados por diferença de densidade, aproveitando-se somente aqueles mais densos. Após a separação hidráulica, uma nova seleção manual foi realizada, para garantir que as amostras fossem constituídas somente por frutos maduros.

A secagem das amostras ocorreu em camadas finas, até que o café atingisse a meia-seca. Em seguida, foi aumentada, progressivamente, a espessura da camada das amostras de café, até que o mesmo atingisse o teor de água de 11% (bu), conforme recomendações propostas por Borém (2008).

Após a secagem, as amostras foram embaladas em sacos de papel e revestidas com sacos plásticos, identificadas e armazenadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas (UFLA), em câmara com temperatura controlada, a 10 °C e umidade relativa de 60%, por um período de 30 dias. Em seguida, as amostras foram beneficiadas separando-se os grãos quanto à forma e

o tamanho. Foram utilizados somente os grãos chatos das peneiras 16 a 18/64 de polegada, eliminando-se os grãos chatos retidos na peneira 19/64 de polegada e os grãos moca retidos na peneira com crivo oblongo de  $11 \times \frac{3}{4}$  de polegada. Posteriormente, todos os defeitos foram retirados, visando à uniformização e, sobretudo, a minimização de interferências que não fossem relacionadas com o material genético e ambiente de cultivo.

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

### **3.4 Análises estatísticas**

As análises estatísticas dos dados climáticos coletados na área piloto foram realizadas por meio do programa GRETTL. Para isso, foram utilizadas as séries temporais dos fatores climáticos (temperatura mínima, média, máxima do ar, amplitude térmica, precipitação, radiação solar e umidade relativa do ar). Os dados foram submetidos a uma análise para verificar se havia a periodicidade nas séries. Em seguida padrões de sazonalidade foram avaliados graficamente, com construção de autocorrelograma. Esse método permitiu identificar dependência de natureza sazonal na série.

Com a finalidade de comparação, foi feita uma diferença entre as séries temporais dos fatores climáticos das diferentes faixas de altitude (abaixo de 1000 m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m). Essas diferenças foram submetidas a uma análise no campo das frequências para verificar a

periodicidade da nova série. As condições de estacionaridade foram checadas pela função de autocorrelação.

### **3.5 Análises descritivas**

Os dados climáticos utilizados para caracterizar a microrregião Mantiqueira de Minas, bem como as informações cedidas pelas cooperativas e empresas, para a descrição da qualidade sensorial do café, foram submetidos a análises descritivas. Para isso, foram confrontados os dados referentes à temperatura e precipitação com a nota da bebida do café.

Do mesmo modo, para os estudos realizados na área piloto, os dados coletados nas EMAs (temperatura mínima, média, máxima do ar, amplitude térmica, precipitação, radiação solar e umidade relativa do ar) foram confrontados com os resultados das análises sensoriais das amostras coletadas em campo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Descrição do clima da microrregião Mantiqueira de Minas

Os dados meteorológicos da microrregião Mantiqueira de Minas para os anos de 2007 a 2011, obtidos com base nos dados disponibilizados pelo AGRITEMPO - MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2014), são apresentados nas Figuras 9 a 11.

Na Figura 9 são observados os dados de distribuição da temperatura máxima. Em 2007, a temperatura máxima média da região variou de 28 a 29°C. Essas temperaturas máximas foram encontradas nos municípios de Pedralva e Piranguinho. Ao sul da região, nos municípios de Brasópolis e Paraisópolis, os valores apresentados foram de 22 a 24°C, sendo estes valores os menores da região. No restante da região, as temperaturas variaram entre 26 a 28°C.

Em 2008, observam-se temperaturas elevadas a noroeste e norte da região com temperaturas máximas variando entre 25 e 27°C, com ênfase para o município de São Lourenço que apresentou os maiores valores. Por outro lado, ao sul da região e nos municípios de Cristina e Pedralva, foi onde se apresentaram as menores temperaturas máximas com valores entre 22 e 24°C.

No ano de 2009, as temperaturas máximas no norte e nordeste da região apresentaram um aumento no valor que variou de 1 a 2°C com relação ao ano de 2008. Nas outras áreas da região as temperaturas mantiveram-se estáveis.

Em 2010, os valores de temperatura máxima chegaram a 28°C. Os municípios ao norte e nordeste da região apresentaram médias aproximadas de 27°C, onde São Lourenço e Pouso Alto se destacaram com médias acima de 28°C. Nas regiões, central e sul, não houve alteração dos valores apresentados.

No último ano de observação (2011), não houve variações na temperatura máxima no norte e nordeste da região. Contudo, ao sul da região as

temperaturas aumentaram, em relação ao ano de 2010, em média 1°C, e na região central esse aumento chegou à casa dos 2°C.

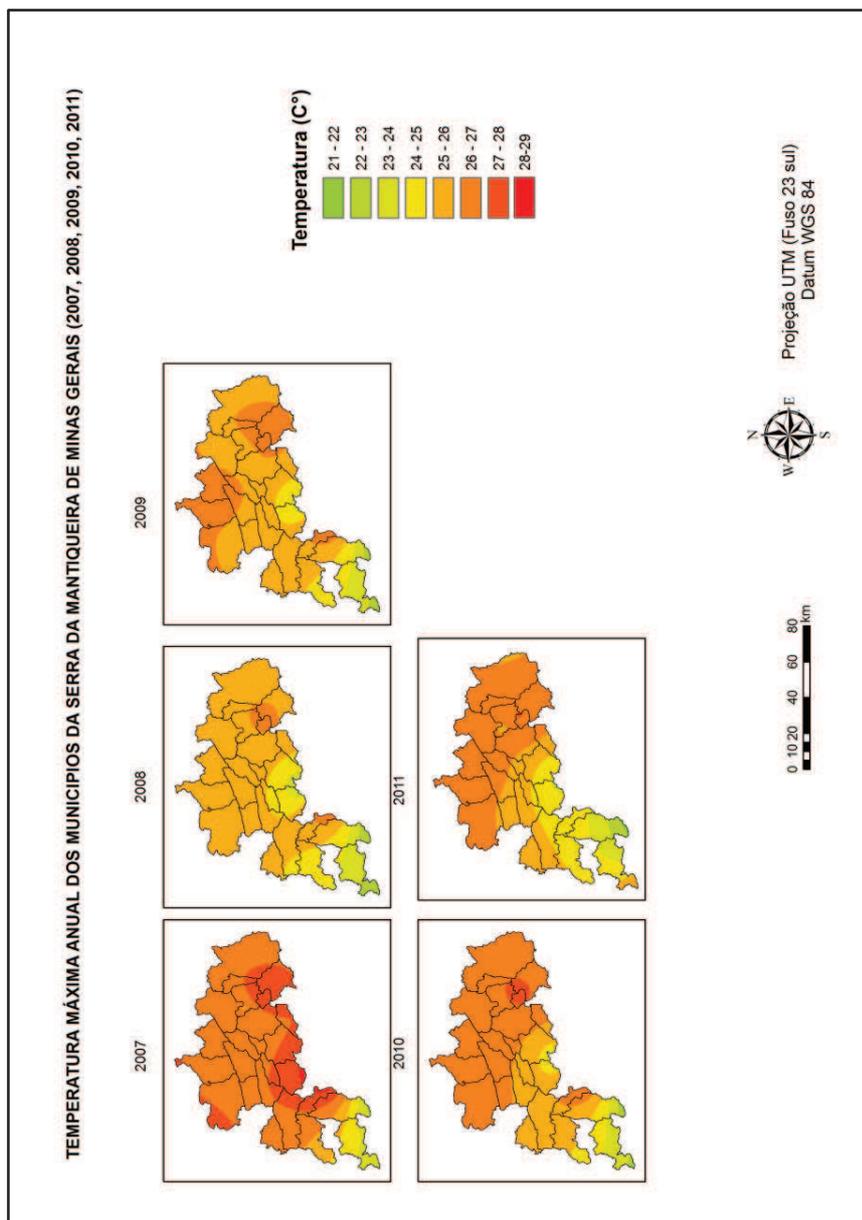


Figura 9 Mapas de temperatura máxima para os anos de 2007 a 2011

Na Figura 10 são observados os dados de distribuição da temperatura mínima. Em 2007, a região da Serra da Mantiqueira apresentou valores de temperatura mínima média variando do norte ao sul da região. Foram apresentados valores médios de 17°C no norte e 10°C no sul da área de estudo.

As temperaturas mínimas médias da região para o ano de 2008 variou entre 10 e 16°C. As menores médias foram encontradas na extremidade sul da região e nos municípios de Cristina e Pedralva com valores médios em torno de 10 a 13°C. Os maiores valores foram apresentados na parte nordeste e norte da região, com destaque para o município de Cambuquira que apresentou a maior média 16°C.

Em 2009, os valores médios aumentaram em até 2°C no sul e centro da região. No norte e nordeste as temperaturas se mantiveram estáveis, com exceção do município de Campanha, em que houve um acréscimo de 1 a 2°C.

No ano de 2010, os valores encontrados diminuíram ao longo da região. No sul e centro, as temperaturas apresentadas foram próximas das encontradas no ano de 2008. Porém, a nordeste da região, as temperaturas diminuíram, em relação ao ano de 2009, em até 2°C, apresentando valores próximos a 13°C.

Para o ano de 2011, os dados apresentados foram semelhantes em relação ao ano de 2010. No sul da região, as temperaturas apresentaram um valor médio de 10 a 13°C. Na parte central houve um decréscimo de 1°C em média com relação ao ano anterior. A nordeste da região, não houve mudança nos valores apresentados, porém nos municípios ao norte da região como Cambuquira e Campanha, houve um decréscimo de 1 a 2°C.

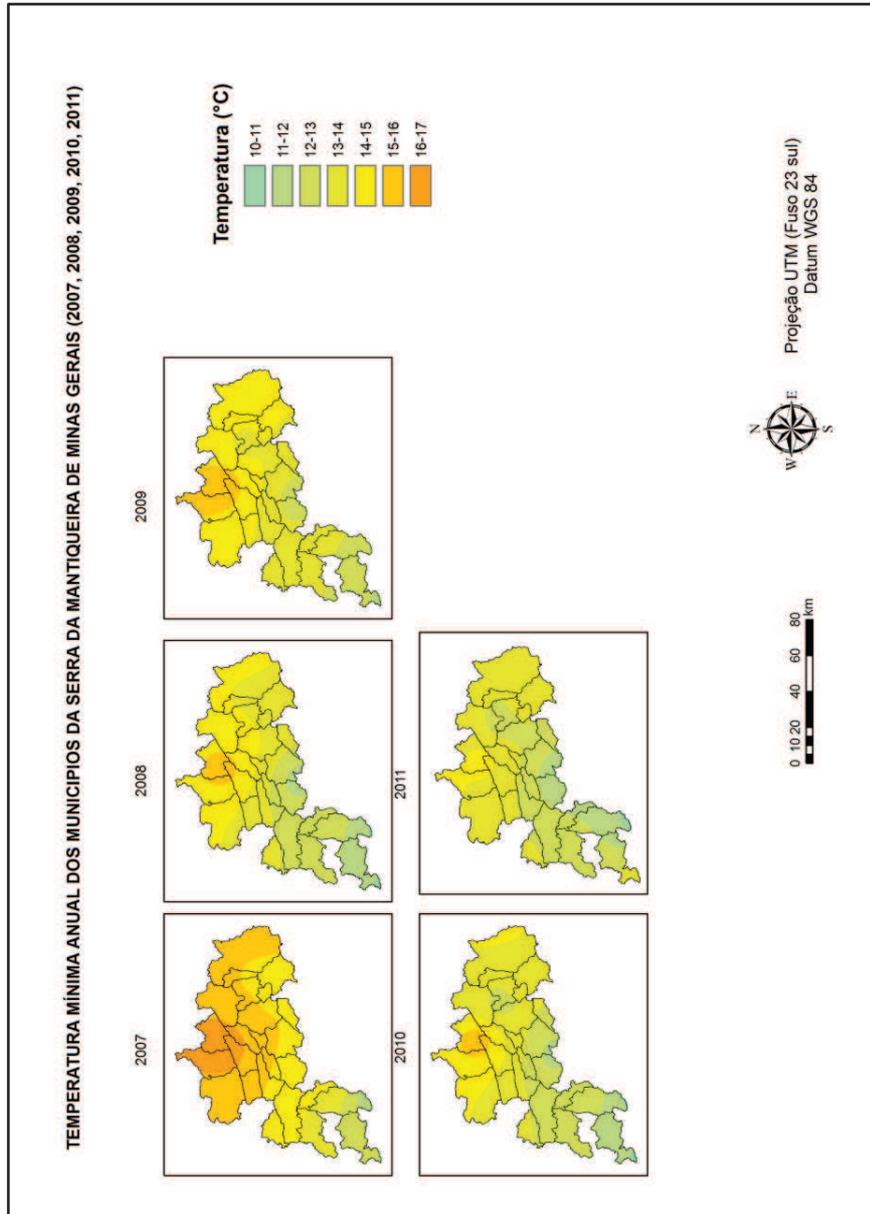


Figura 10 Mapas de temperatura mínima para os anos de 2007 a 2011

Na Figura 11, são apresentados os dados da distribuição da precipitação anual. Em 2007, a precipitação acumulada na região da Serra da Mantiqueira variou de 1000 a 2000 mm. Os maiores valores encontrados foram ao sul da região, com valores entre 1700 a 2000 mm. No centro e norte da região a soma acumulada variou de 1300 a 1600 mm.

No ano de 2008, o regime de chuvas aumentou em grande parte da região. No centro e sul, regiões onde se nota o maior aumento, a precipitação acumulada foi de até 2200 mm. Ao norte e nordeste da área em estudo, o aumento variou em torno de 200 a 300 mm.

A precipitação acumulada, para o ano de 2009, foi semelhante ao ano de 2008. Houve aumentos em algumas áreas da região, principalmente, na área norte com valores próximos a 300 mm. No município de Paraisópolis, sul da região, nota-se um acréscimo de até 500 mm na soma anual da precipitação.

Em 2010, a precipitação acumulada para a região variou de 1000 a 1600 mm, aproximadamente 600 mm a menos que no ano anterior. A região onde se concentrou um maior acúmulo foi no centro e parte do sul. No norte e nordeste da região, a precipitação acumulada foi de 1000 a 1400 mm, um decréscimo de até 600 mm para o ano de 2009.

Para o ano de 2011, houve um aumento na precipitação anual em quase toda a região, com exceção do município de Soledade de Minas em que houve um decréscimo de, aproximadamente, 100 mm. No sul da região, o aumento da precipitação variou de 100 a 500 mm em relação ao ano de 2010. No centro e norte, a precipitação aumentou em torno de 100 a 300mm.

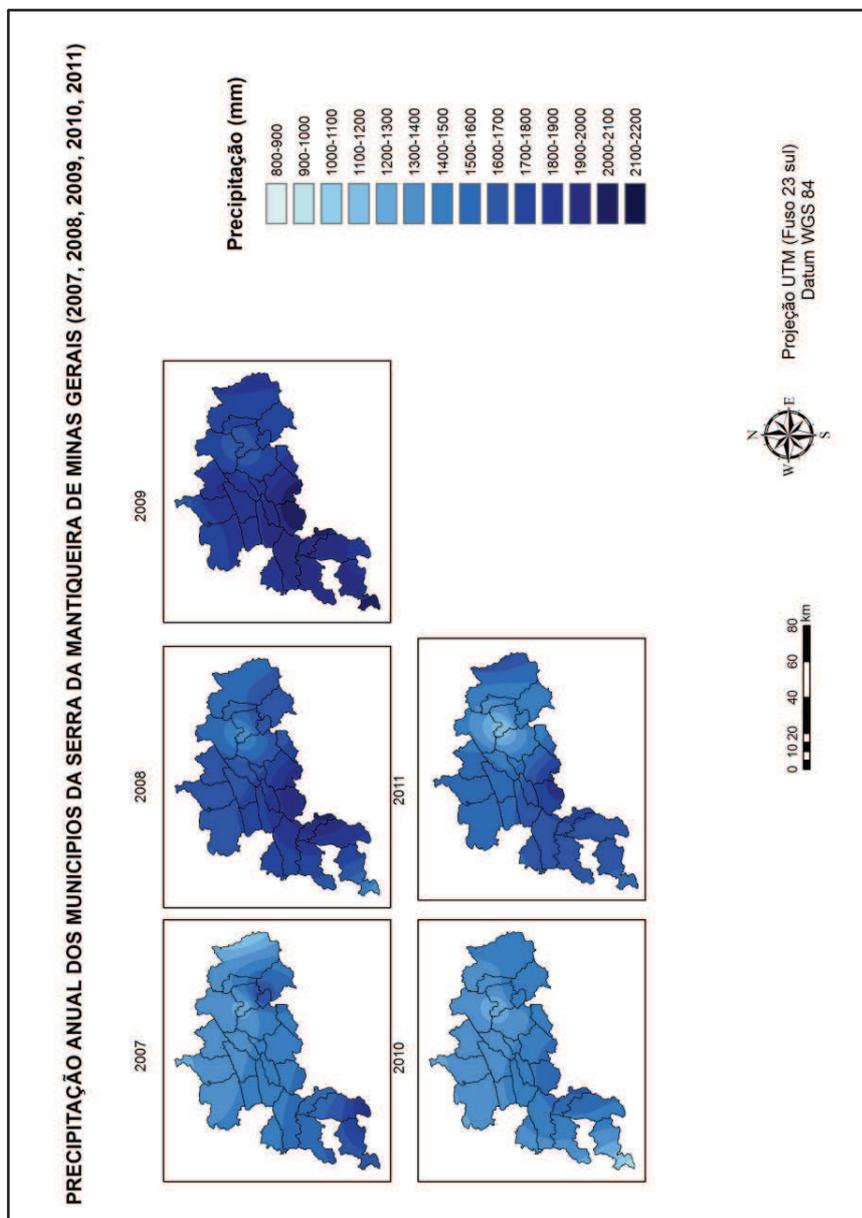


Figura 11 Mapas da precipitação anual para os anos de 2007 a 2011

Diante dos resultados analisados ano a ano, foi possível observar temperaturas médias anuais do ar variando de 19 a 22°C, 18 a 20°C e 16 a 18°C, respectivamente, para as áreas norte/nordeste, central e sul da microrregião Mantiqueira de Minas. Segundo Camargo (1985) e Assad et al. (2001), os valores de temperatura média anual do ar mais favoráveis estão entre 18 e 22°C, logo, nos municípios de Brasópolis e Paraisópolis (sul da microrregião) apresenta condições desfavoráveis à produção de café, com temperaturas abaixo de 18°C.

De acordo com Ayoade (2003), a cada 100 m de altitude crescente, a temperatura do ar decresce a uma taxa média de 0,6 °C. Portanto, a variação da temperatura na microrregião pode ser explicada em decorrência da região estar em diferentes latitudes e por apresentar valores de altitude que variam de 812 a 2250 m, aproximadamente.

#### **4.1.1 Descrição da qualidade sensorial do café relacionada com o clima**

Por meio de informações cedidas por cooperativas e empresa do setor cafeeiro, a descrição da qualidade sensorial do café na microrregião Mantiqueira de Minas, para as safras de 2007/2008 a 2010/2011, é apresentada a seguir.

Nas Figuras 12 a 15 são apresentadas notas mínimas absolutas de dados sensoriais do café para as safras 2007/2008 a 2010/2011. É possível observar a concentração de notas abaixo de 60 pontos, na região central do mapa, abrangendo os municípios de Jesuânia, Olímpio Noronha, Carmo de Minas, Soledade de Minas, Cristina, Dom Viçoso, Pedralva e Pouso Alto para todas as safras estudadas.

Nos municípios Baependi, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Cambuquira, Campanha, Lambari, Heliadora, Natércia e Santa Rita do Sapucaí,

apresentaram notas sensoriais variando de 70 a 75 pontos. Porém, em alguns municípios a nota varia de safra para safra.

As notas dos municípios de Baependi e Lambari variaram nas quatro safras estudadas. Santa Rita do Sapucaí, Natércia, Heliadora e Caxambu, mantiveram na mesma faixa de notas mínimas em todas as safras.

Fatores como a precipitação e a temperaturas elevadas, associados ao baixo nível tecnológico, são indícios da qualidade inferior dos cafés analisados. Na safra 2008/2009, onde foi apresentado o maior número de municípios com pontuação mínima inferior a 40 pontos, foram nos anos 2008 e 2009, em que houve o maior acúmulo de chuvas na região (Figura 11). Isso implica dificuldade na pós-colheita, para os produtores, caso esses não tenham, em suas propriedades, tecnologias necessárias para uma devida pós-colheita do café.

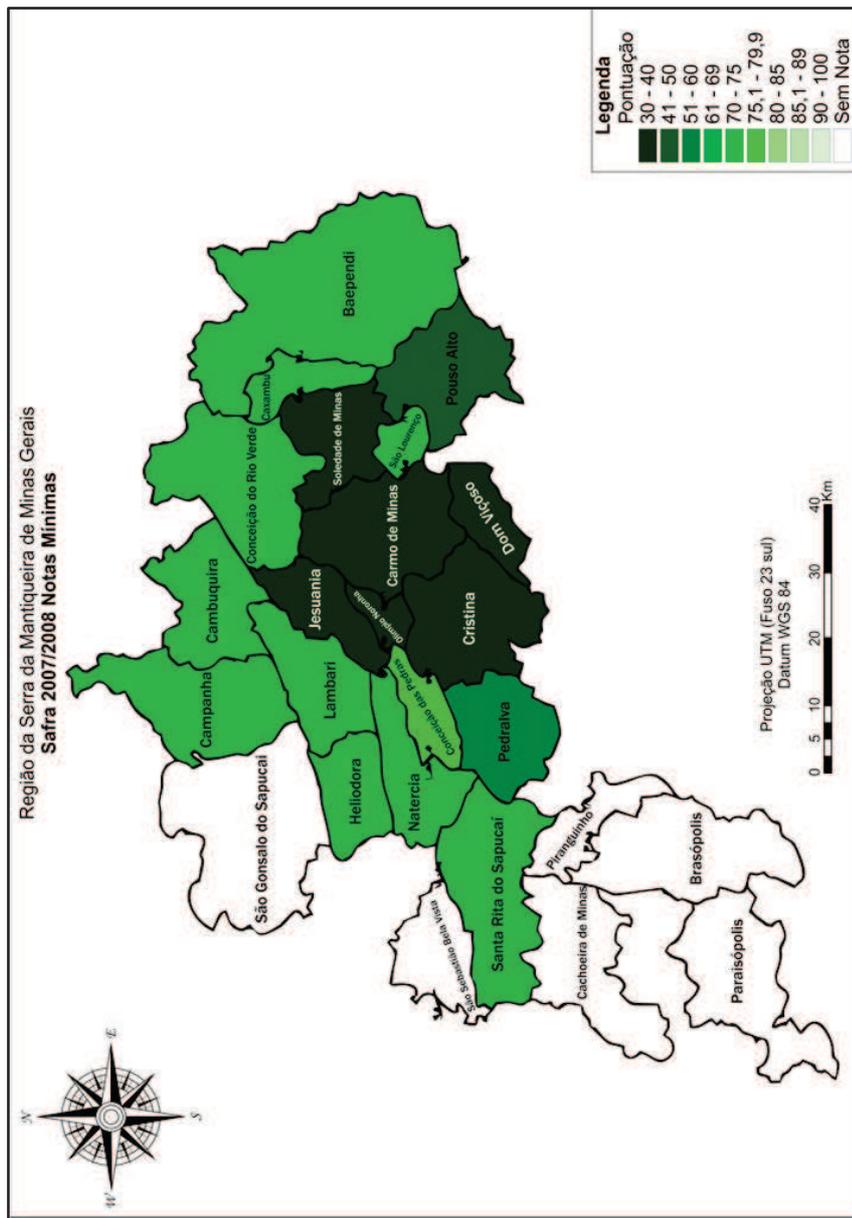


Figura 12 Mapa da distribuição da qualidade safrá 2007/2008 notas mínimas

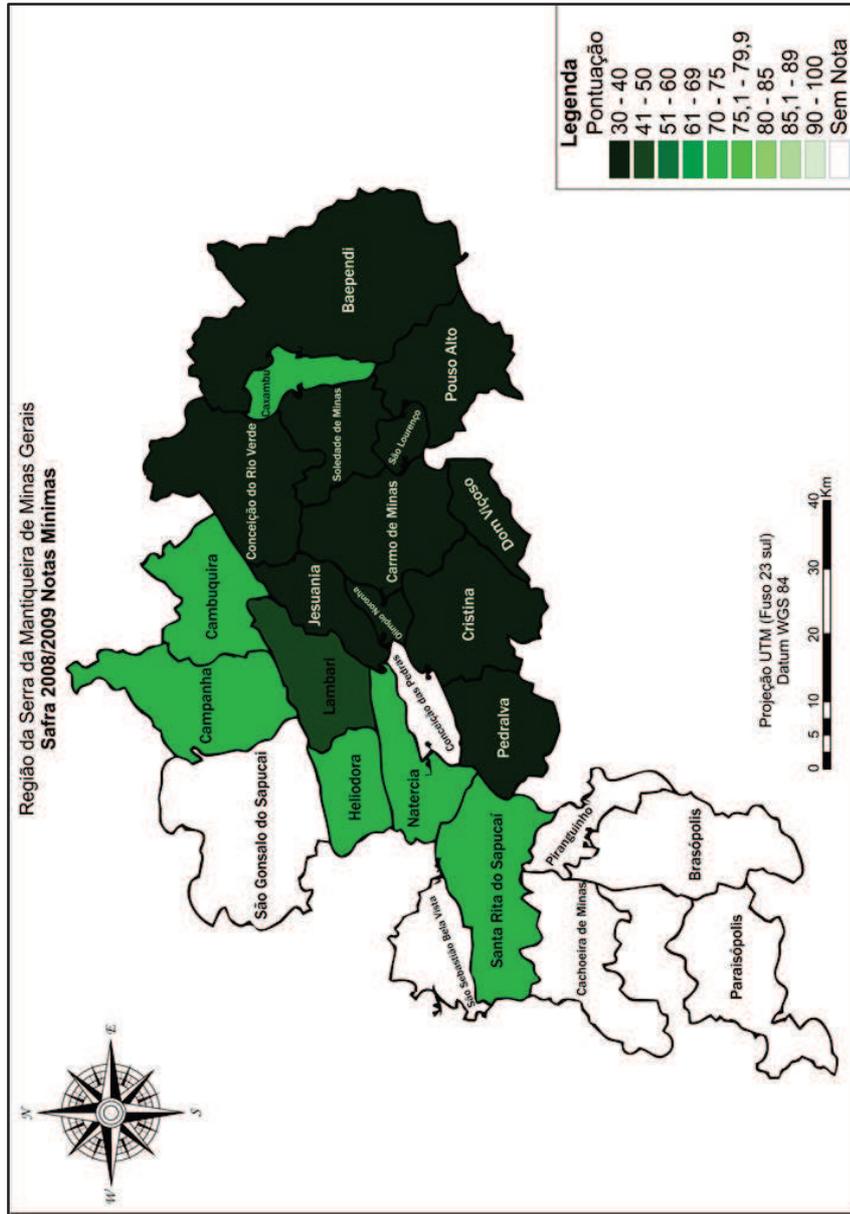


Figura 13 Mapa da distribuição da qualidade safra 2008/2009 notas mínimas

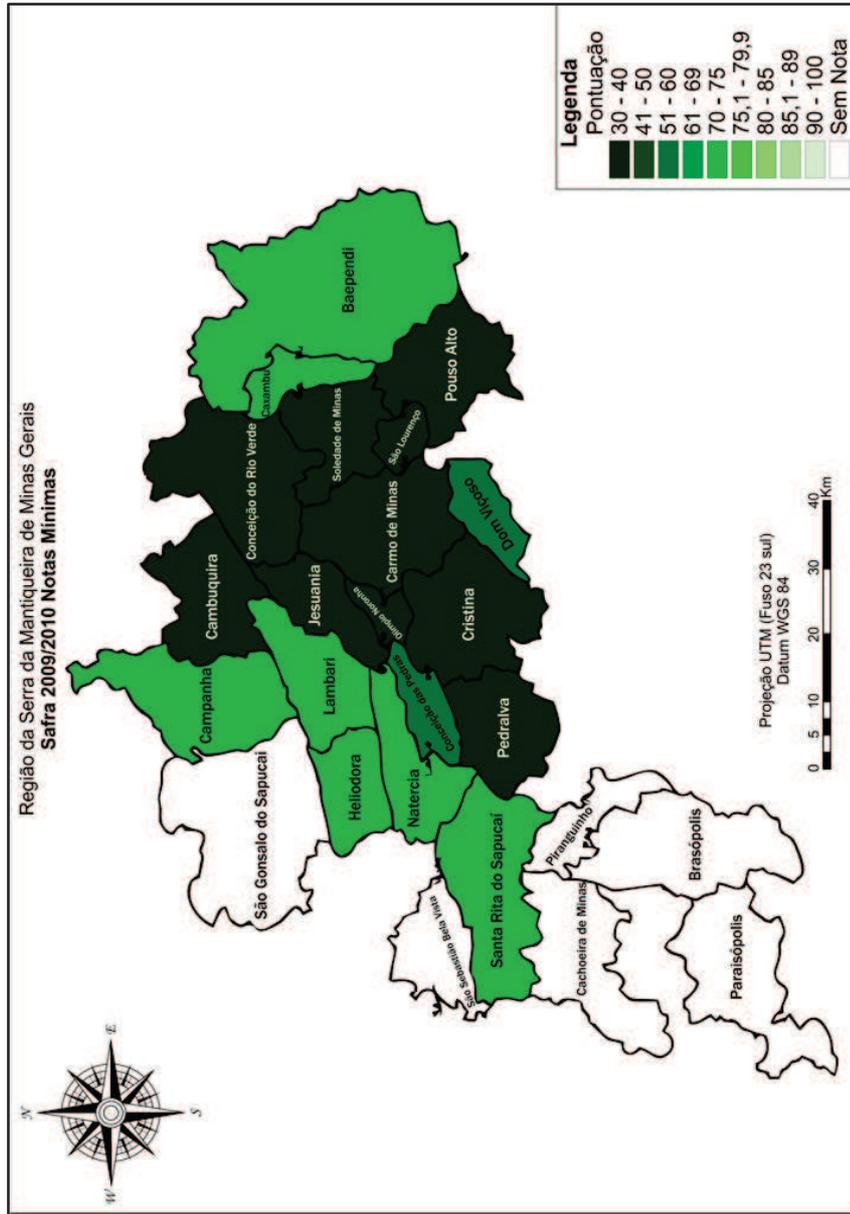


Figura 14 Mapa da distribuição da qualidade safra 2009/2010 notas mínimas

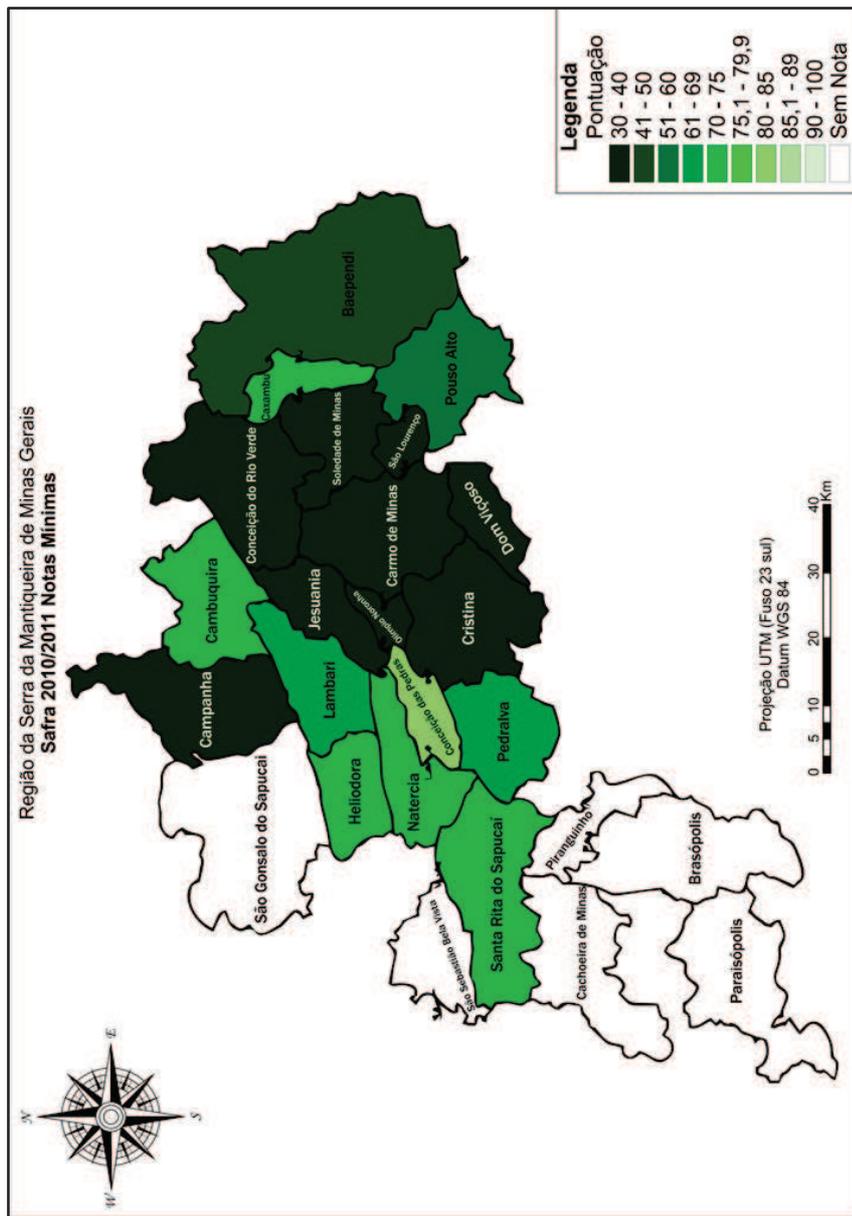


Figura 15 Mapa da distribuição da qualidade safra 2010/2011 notas mínimas

Por outro lado, nas Figuras 16 a 19, são apresentadas as notas sensoriais máximas encontradas em cada município para as safras 2007/2008 a 2010/2011. Notam-se valores acima de 80 pontos, para os municípios, Carmo de Minas, Dom Viçoso, Cristina, Pedralva, Pouso Alto, Jesuânia, Conceição do Rio Verde, Conceição das Pedras e Olímpio Noronha na região central do mapa para todas as safras analisadas.

No restante da região, os valores máximos das notas não ultrapassaram 80 pontos, com exceção do município de Campanha que apresentou nota superior a 90 pontos nas safras 2007/2008 e 2010/2011.

A ocorrência de notas superiores, acima de 85 pontos, concentradas na área central da microrregião, pode ser explicada baseada em alguns fatores ambientais. Nessa região, são encontrados os baixos valores médios para temperaturas máximas e temperaturas mínimas.

Como exemplo, a altitude que Ribeiro (2013), estudando a interação genótipo e ambiente no município de Carmo de Minas, localizado nessa região central, encontrou efeito da altitude sobre a qualidade do café. Ainda, o autor concluiu que genótipos de Bourbon Amarelo, quando cultivados acima de 1200 m de altitude, apresentam qualidade sensorial com nota média em torno de 90 pontos.

Em estudos confirma-se a relação da altitude com o clima. Segundo Ayoade (2003), a temperatura do ar diminui a uma taxa média de 0,6°C à medida que se sobem 100 m de altitude, logo temperaturas ideais, 19 a 21°C de média anual, encontradas na região central (Figura 9 e 10), evidenciam a qualidade elevada na região.

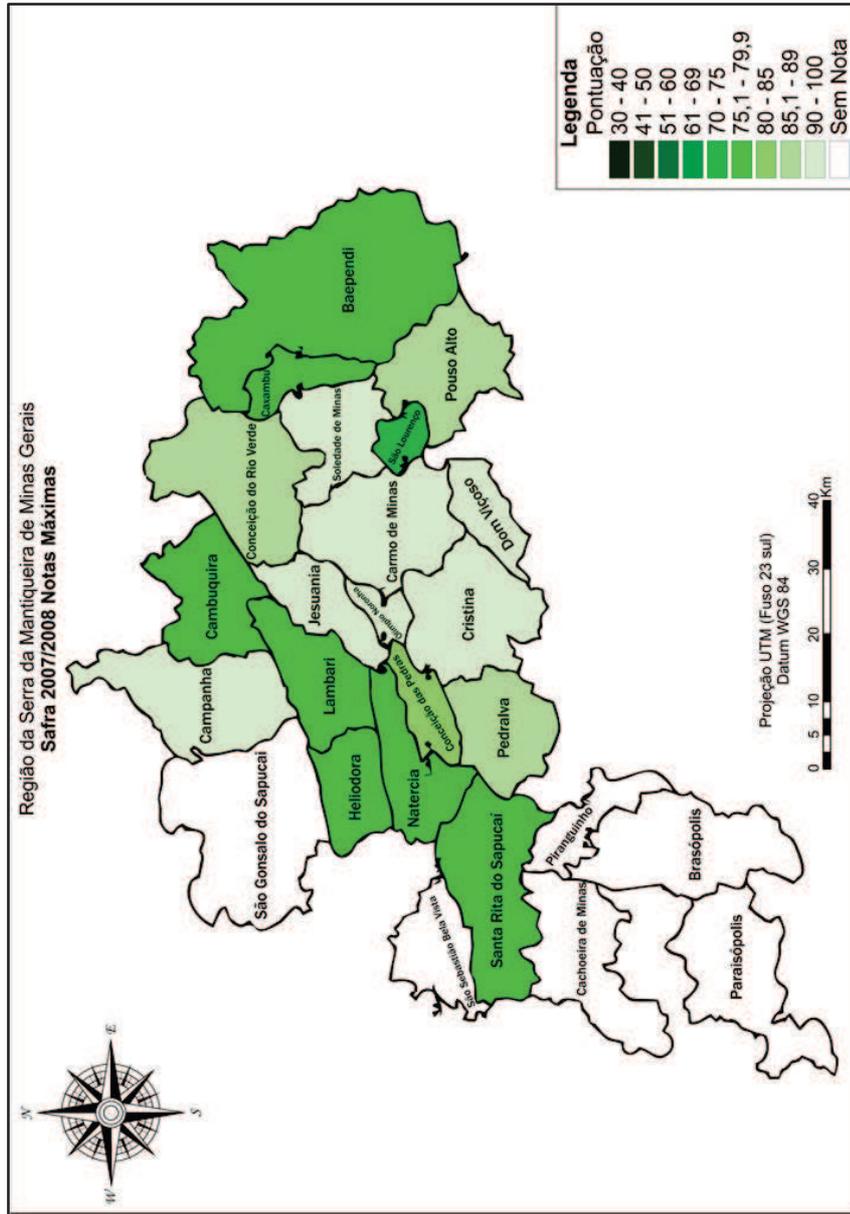


Figura 16 Mapa da distribuição da qualidade safra 2007/2008 notas máximas

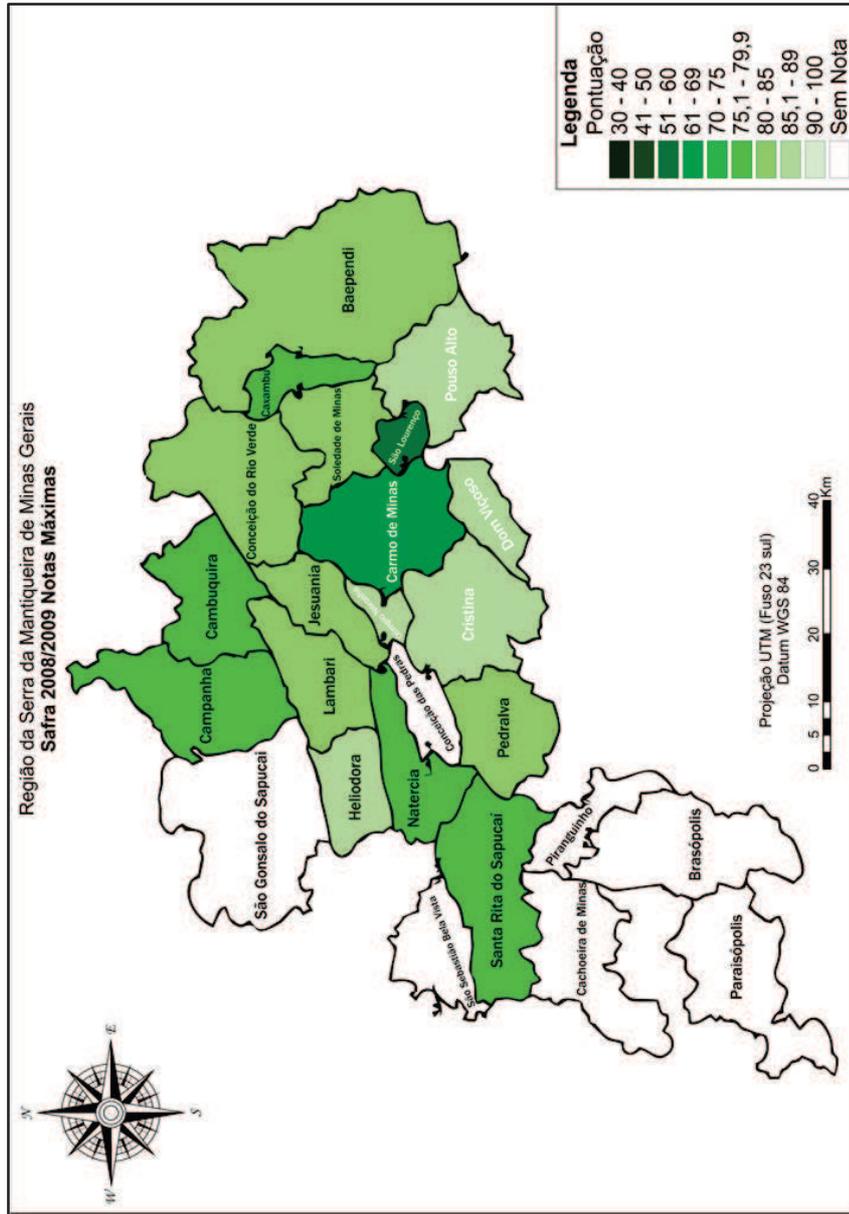


Figura 17 Mapa da distribuição da qualidade safra 2008/2009 notas máximas

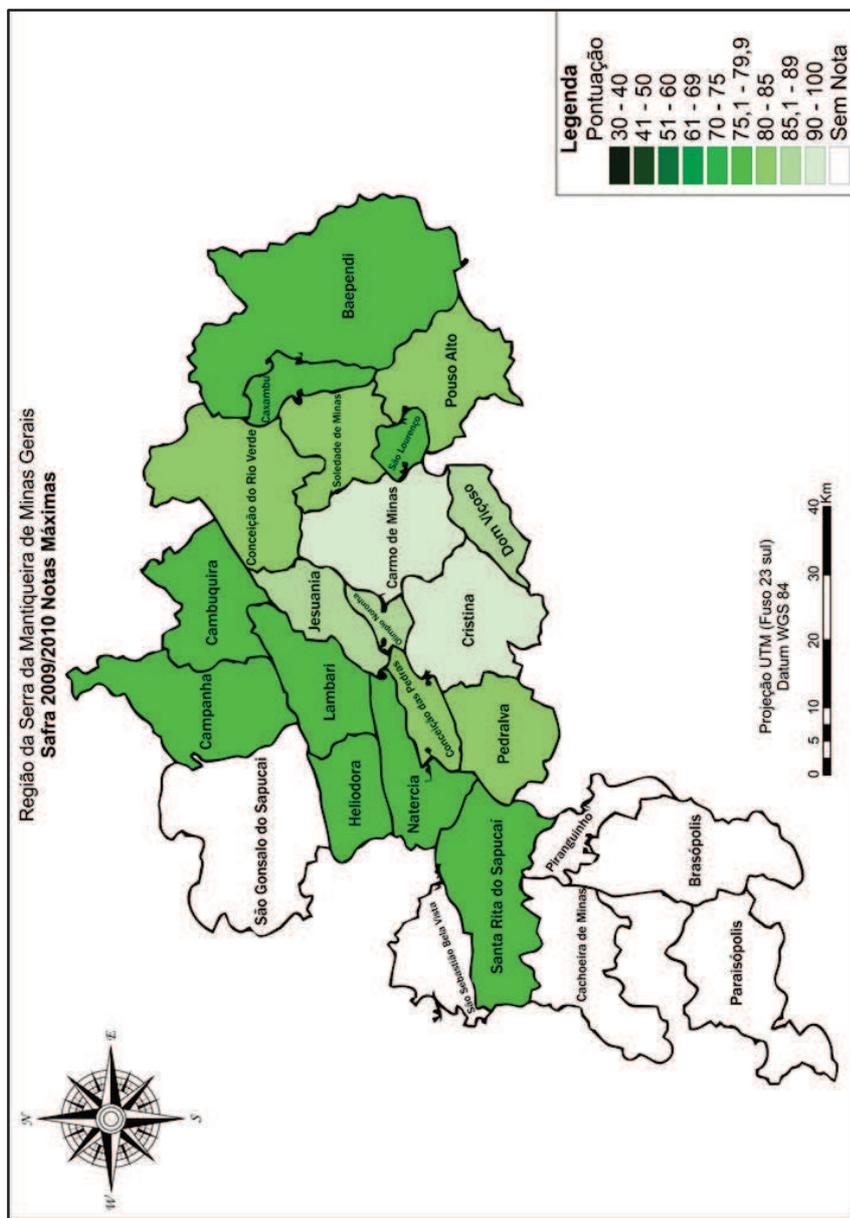


Figura 18 Mapa da distribuição da qualidade safra 2009/2010 notas máximas

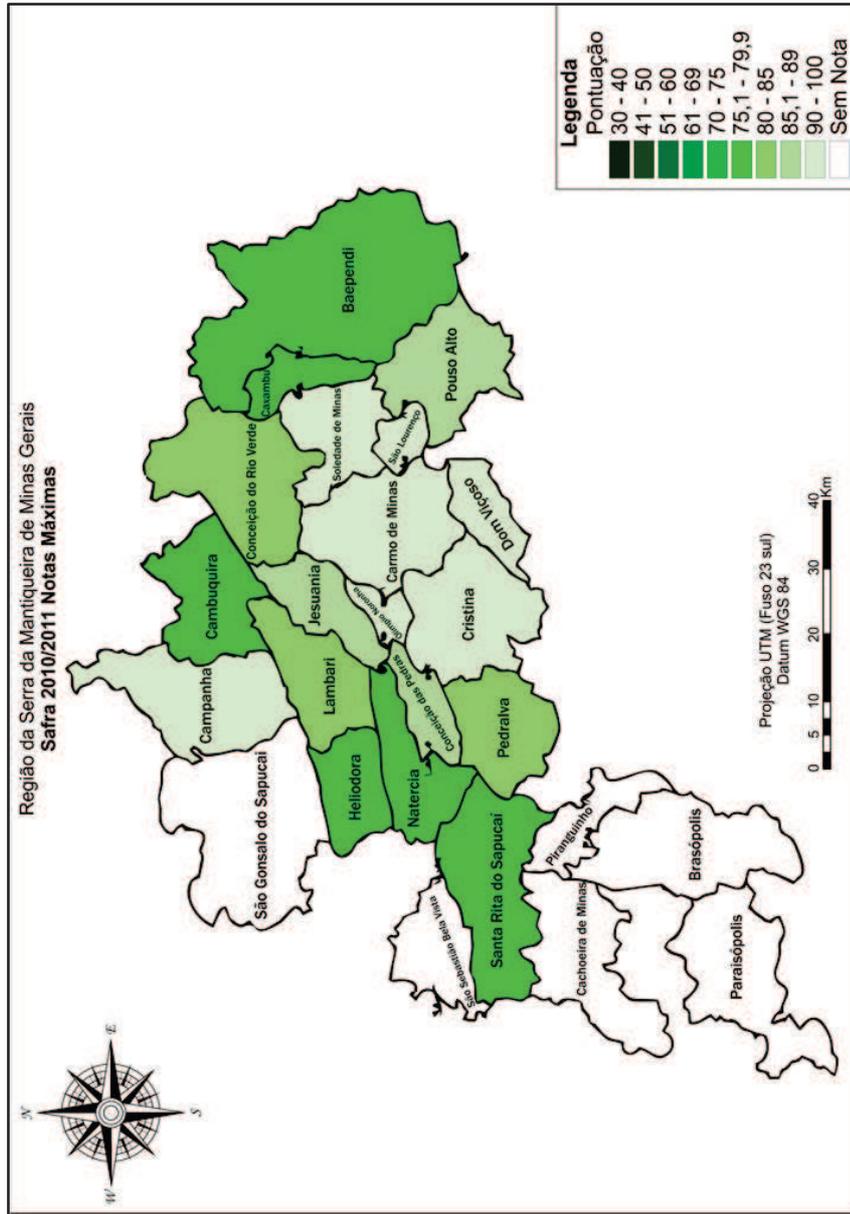


Figura 19 Mapa da distribuição da qualidade safrá 2010/2011 notas máximas

As notas médias das safras 2007/2008 a 2010/2011 são apresentadas nas Figuras 20 a 23. Observa-se que não houve grande variação nas notas sensoriais e grande parte dos municípios teve média entre 70 e 79 pontos para todas as safras analisadas.

Na safra 2008/2009, a média das notas teve um decréscimo, principalmente, nos municípios da área central da microrregião. Esse fato, como foi visto na Figura 13, é explicado pela grande quantidade de chuvas ocorridas nos anos 2008 e 2009 (Figura 11).

Diversos outros fatores, como a tecnologia de pós-colheita, estão diretamente relacionados com a qualidade do café. Os dados apresentados nesse trabalho revelam que a região, em geral, possui limitações diversas às variações climáticas responsáveis pela qualidade do café. Isso pode ser comprovado, comparando-se a ocorrência de notas máximas, que se concentra na região central e sul da microrregião com os mapas de notas médias.

Esses resultados indicam que a microrregião é estratificada em função das características climáticas, estando essas características relacionadas à ocorrência das notas mais elevadas nas regiões mais frias.

No entanto, tanto as variações climáticas quanto a caracterização da qualidade são baseados em dados médios, cobrindo grandes extensões. Com esses resultados, não é possível discutir o efeito integrado do clima e do relevo na ocorrência da qualidade. Assim, a coleta de dados em estratos do ambiente para diferentes faixas de altitude pode auxiliar no entendimento da relação da qualidade com o clima e o relevo da região de estudo. Considerando a grande extensão da microrregião de estudo, foi selecionada uma área piloto para coleta de dados climáticos em função da altitude.

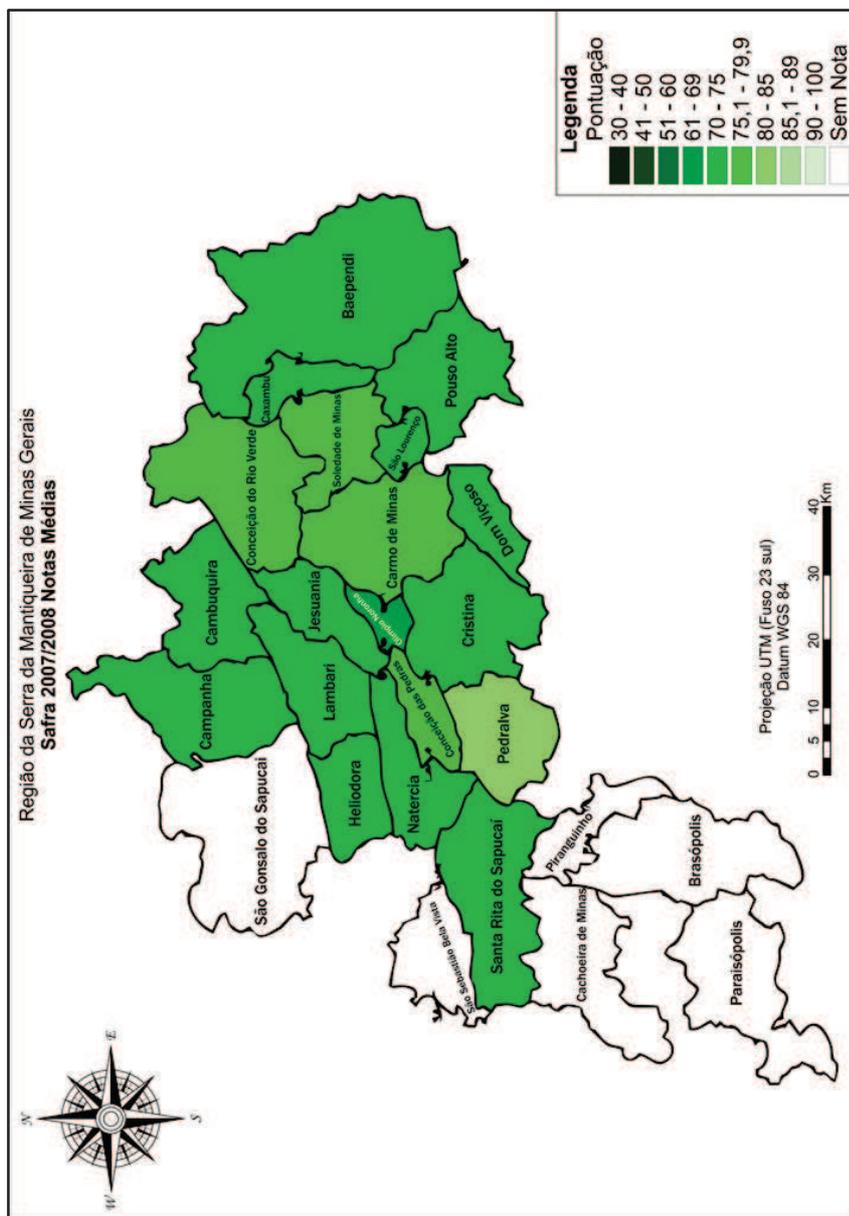


Figura 20 Mapa da distribuição da qualidade safra 2007/2008 notas médias

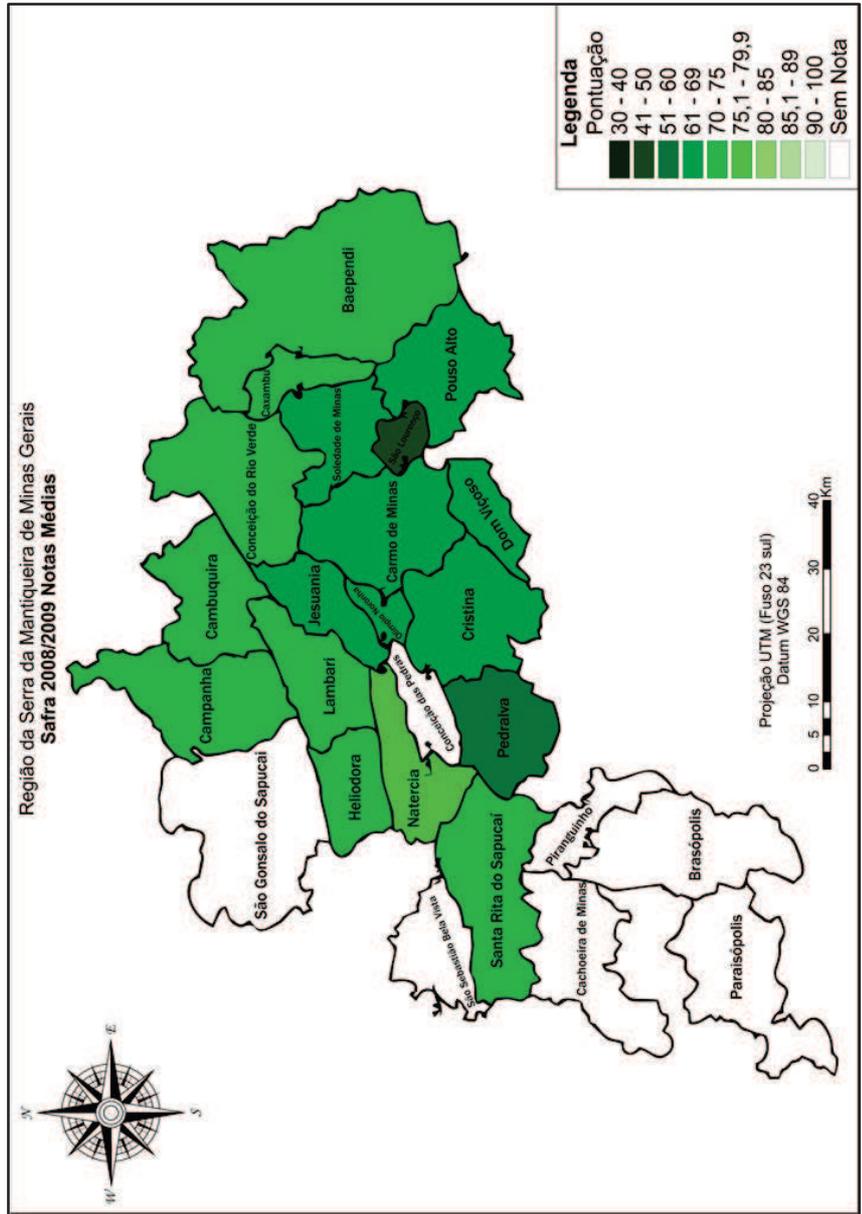


Figura 21 Mapa da distribuição da qualidade safra 2008/2009 notas médias

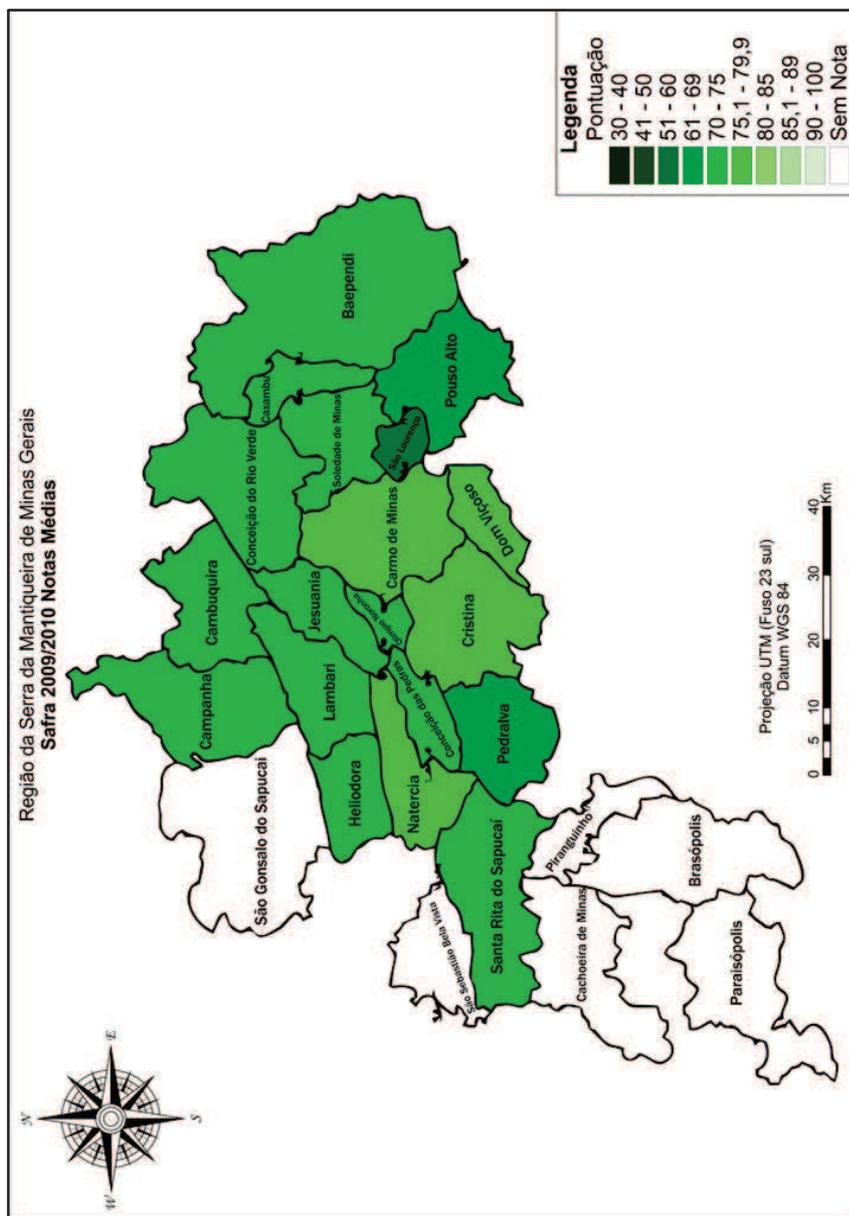


Figura 22 Mapa da distribuição da qualidade safra 2009/2010 notas médias

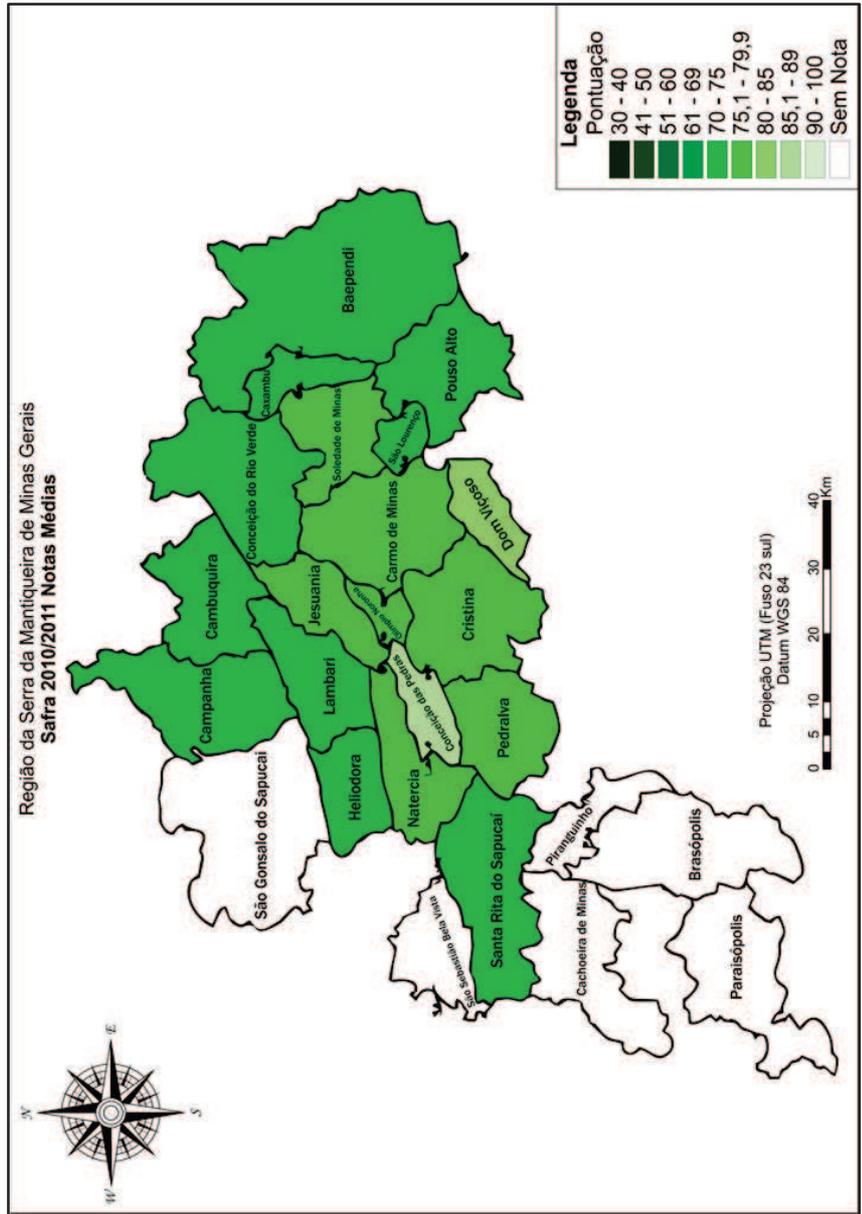


Figura 23 Mapa da distribuição da qualidade safra 2010/2011 notas médias

## 4.2 Descrição microclimática da área piloto

Os dados climáticos da área piloto, Carmo de Minas, para os períodos de julho de 2011 a junho de 2013, obtidos com base em estações meteorológicas automáticas (EMAs), são apresentados nas Figuras 23 a 27.

Na Figura 24 descreve-se a variação da temperatura média do ar no período de julho de 2011 a junho de 2013. No primeiro período de estudo, julho de 2011 a junho de 2012, notou-se que não houve diferença nas médias para as faixas de altitude – entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m. Observou-se que as temperaturas médias anuais são maiores na altitude abaixo de 1000 m com média de 21,4°C, ou seja, 1,6°C a mais que as faixas superiores a 1000 m.

No período seguinte, julho de 2012 a junho de 2013, o comportamento da temperatura média do ar se manteve semelhante ao anterior. A faixa de altitude, abaixo de 1000 m, teve média igual a 21,8°C e as faixas acima, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m, tiveram a mesma média, 19,5°C. Porém, a variação entre as faixas de altitude aumentou, apresentando um acréscimo de 0,7°C em relação ao período de julho de 2011 e julho de 2012.

É possível observar que as maiores diferenças entre as faixas de altitude, abaixo de 1000 m e acima de 1000 m, são nos meses mais quentes, entre novembro e março, com valores variando de 2,4 a 2,7°C. Nos meses mais frios, de maio a agosto, essa diferença em alguns períodos chega a não existir.

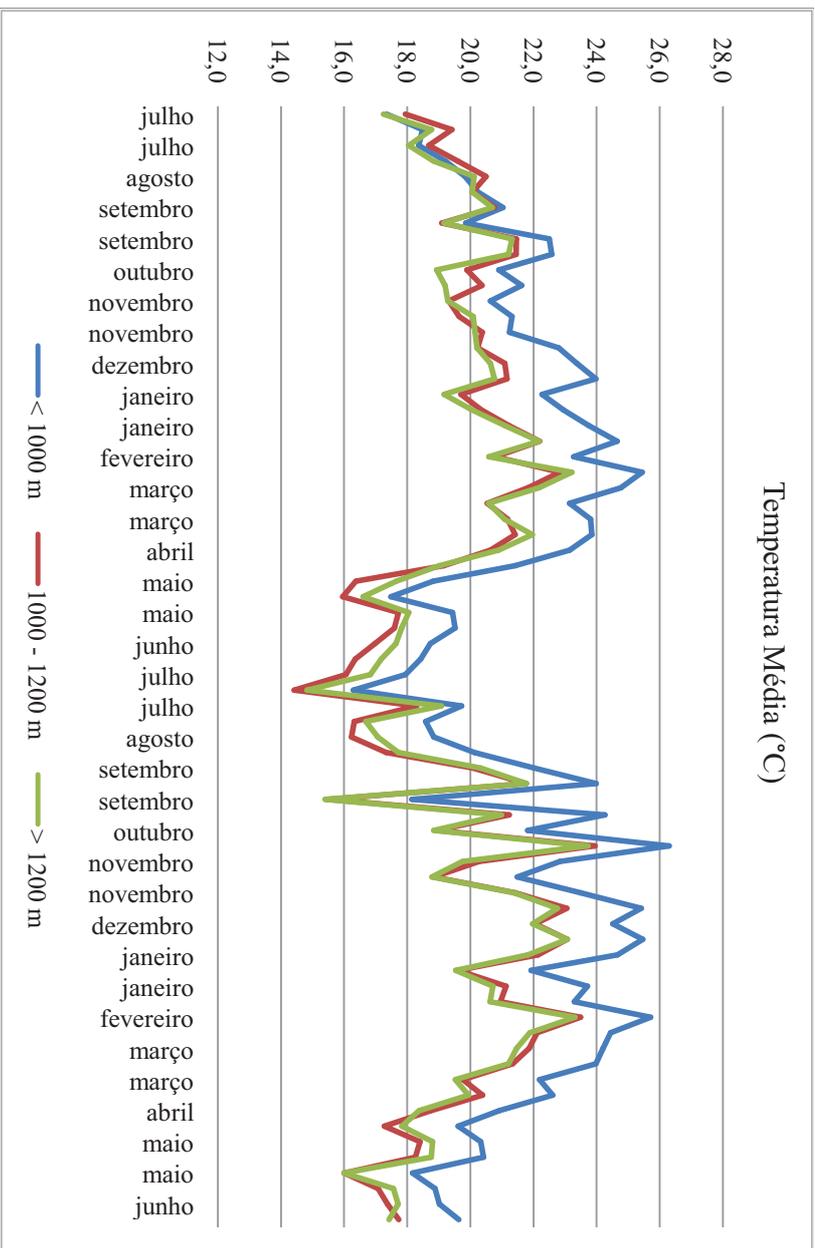


Figura 24 Temperatura média do ar de julho de 2011 a junho de 2013

Na Figura 25 apresenta-se a variação da amplitude térmica do ar no período de julho de 2011 a junho de 2013. Durante o primeiro período observado, julho de 2011 a junho de 2012, a faixa de altitude abaixo de 1000 m apresentou a maior amplitude no valor médio de 13,3°C. As faixas superiores apresentaram valores semelhantes entre si, porém 2°C abaixo da faixa inferior a 1000 m. Durante esse período, foram apresentados valores com grande variação, mínimo de 6°C e máximo de 18°C, aproximados, de amplitude térmica.

No período de julho de 2012 a junho de 2013, o comportamento da amplitude térmica manteve-se igual ao do período anterior, com relação às faixas de altitude. A maior média foi encontrada na faixa inferior a 1000 m, com valor de 13,9°C. Nas faixas, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m, não houve diferença nos valores médios entre elas, com média de 13°C no período. Porém, a variação no período foi menor, com valores aproximados de 11 e 20°C.

No período de julho a outubro, houve um aumento médio de 5°C do primeiro ano para o segundo ano analisado em todas as faixas de altitude estudadas. A maior diferença encontrada nas faixas abaixo de 1000 m e acima de 1000 m foi nos meses frios, de maio a setembro, com valor médio de 2,3°C.

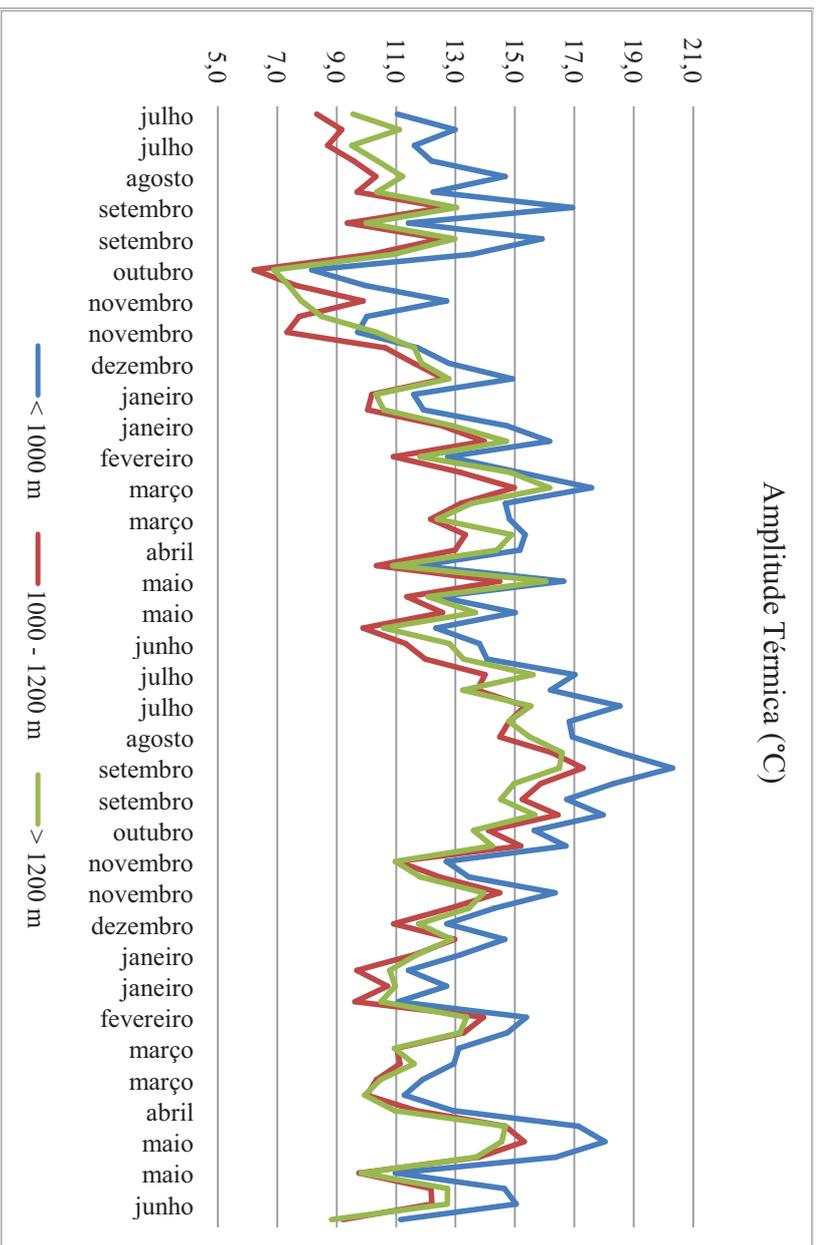


Figura 25 Amplitude térmica do ar de julho de 2011 a junho de 2013

A precipitação acumulada anual para os anos estudados foi de 1362, 1156 e 1224 mm, respectivamente, para as altitudes abaixo de 1000m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m de acordo com a Figura 26. O período em que houve um maior acúmulo de chuvas foi entre novembro a abril, para os dois anos de estudo. O acúmulo nesse período foi em média de 1120, 950 e 973 mm para as altitudes abaixo de 1000 m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m, respectivamente. No período de seca, de maio a agosto, o acúmulo de chuvas em média foi de 130, 110 e 103 mm para as mesmas altitudes anteriormente citadas.

Comparando o primeiro ano (julho de 2011 a junho de 2012) com o segundo ano (julho de 2012 a junho de 2013), é possível notar diferenças na distribuição de chuvas de um ano para o outro. Nos primeiros meses, julho a agosto de 2011, nota-se um acúmulo pequeno de chuva em comparação com o mesmo período de 2012. A concentração de chuvas, em média para as três faixas de altitude, nesse período foi de 14,8 e 32,7 mm para 2011 e 2012, respectivamente.

Em ambos os anos, a maior quantidade de chuvas acumuladas em um período foi no valor aproximado de 160 mm. Porém, no primeiro ano esse valor foi registrado no fim de dezembro de 2011, na faixa de altitude inferior a 1000 m. Já no segundo ano estudado, o acúmulo de chuvas foi apresentado no fim de janeiro de 2013, na faixa intermediária.

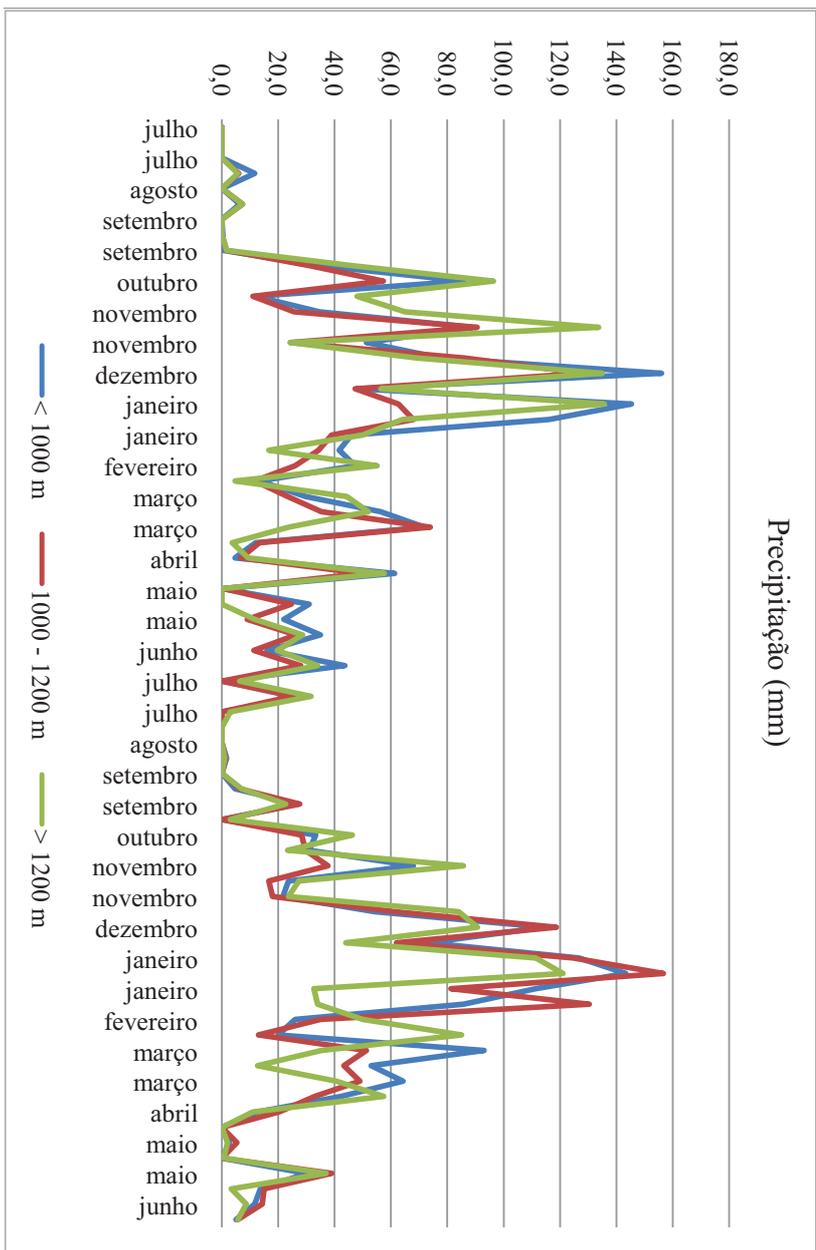


Figura 26 Precipitação anual de julho de 2011 a junho de 2013

Na Figura 27 são apresentados os dados de radiação solar, distribuídos ao longo do período de estudo, de julho de 2011 a junho de 2013. É possível observar que, para o primeiro ano de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), os valores de radiação, para a faixa intermediária (entre 1000 e 1200 m), em média, foi superior que as demais faixas. Por outro lado, a faixa inferior a 1000 m foi aquela que apresentou os menores valores em média para o mesmo período. A variação da radiação solar no período foi de, aproximadamente, 19000 a 6000 MJ/m<sup>2</sup>.

De julho de 2012 a junho de 2013 (segundo ano de estudo), a faixa de altitude, entre 1000 e 1200 m, manteve-se superior às demais faixas, em média. A faixa de altitude, abaixo de 1000 m, não apresentou variações durante o período. A variação da radiação solar, para esse período, foi de 15000 a 2000 MJ/m<sup>2</sup>, aproximadamente.

Com isso, observa-se que, durante os dois anos analisados, em média, a radiação solar foi de 7640, 12046, 9825 MJ/m<sup>2</sup>, respectivamente, para as altitudes abaixo de 1000 m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m. No primeiro ano, as faixas apresentaram um comportamento com mais variações durante o ano. Já no segundo ano, houve um decréscimo do início ao fim dos dados observados para as três faixas de altitude.

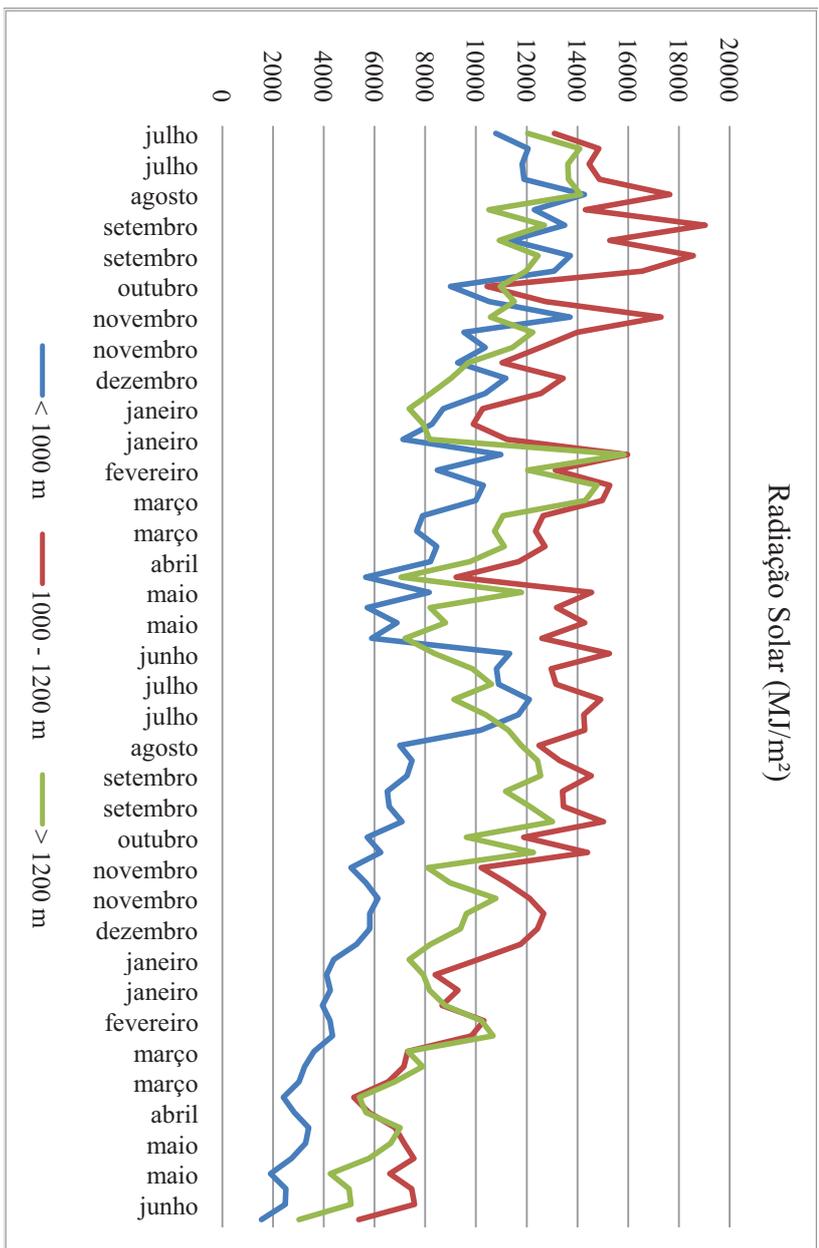


Figura 27 Radiação Solar de julho de 2011 a junho de 2013

De julho de 2011 a junho de 2012, primeiro ano de estudo (Figura 28), é possível observar maiores valores de umidade relativa do ar, em média, para a faixa de altitude acima de 1200 m. Por outro lado, os menores valores são encontrados na faixa intermediária (entre 1000 e 1200 m). A umidade relativa do ar no primeiro ano de estudo foi de 73, 71 e 75% respectivamente, para as altitudes abaixo de 1000 m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m.

No segundo ano analisado (julho de 2012 a junho de 2013), notou-se um comportamento similar com o ano anterior. A faixa de altitude que apresentou os maiores valores, em média, foi a superior (acima de 1200 m) e a que mostrou menores umidades foi a entre 1000 e 1200 m. Os valores encontrados para o segundo ano foram, em média, de 73, 71 e 74% para as altitudes abaixo de 1000 m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m, respectivamente.

As diferenças de umidade relativa ocorrem, principalmente, nos períodos mais frios dos anos monitorados. A faixa de altitude, entre 1000 e 1200 m, é onde se encontram os menores valores de umidade relativa, em média, nos períodos mais frios. Nos períodos de agosto a outubro, observa-se um decréscimo nos valores das três faixas de altitude estudada. Em média, houve uma queda de 6 e 4%, nas três faixas de altitude, respectivamente, para o primeiro e segundo ano de estudo.

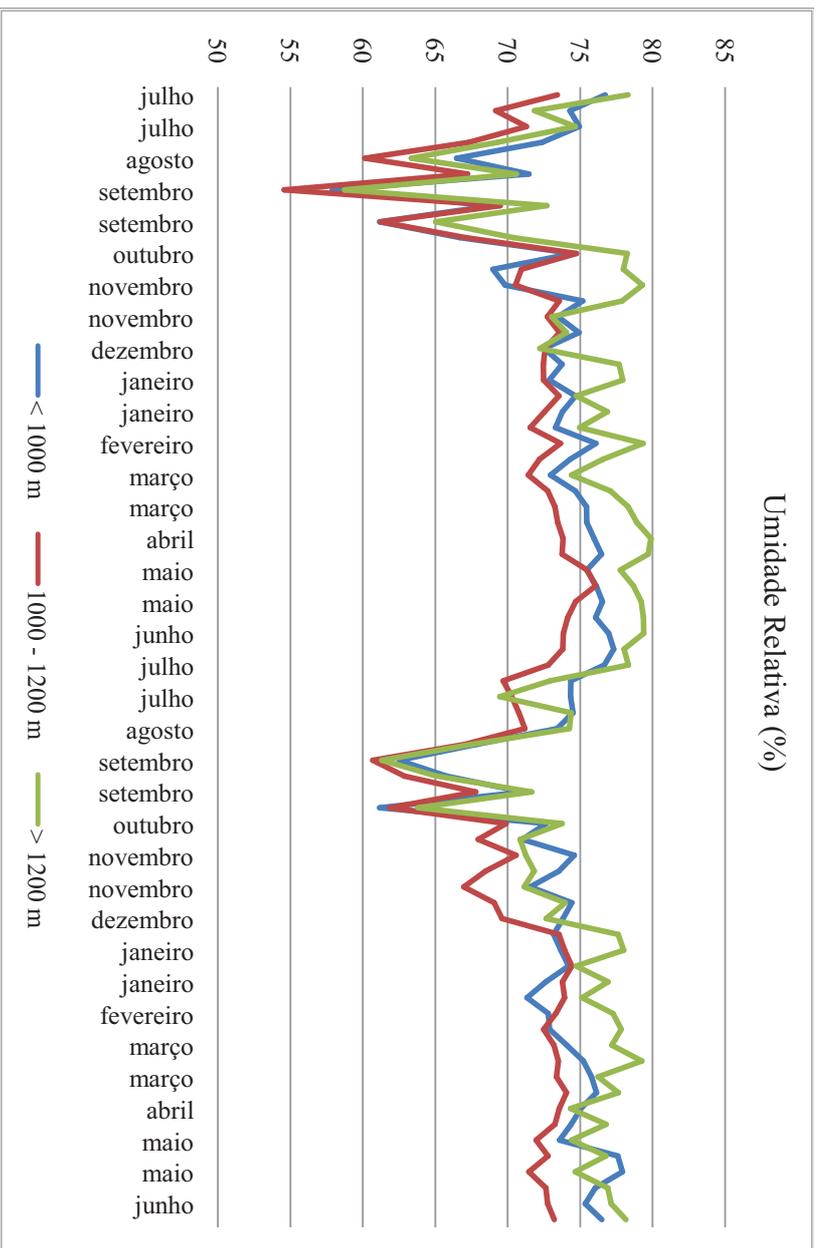


Figura 28 Radiação Solar de julho de 2011 a junho de 2013

Diante dos dados apresentados, observam-se temperaturas ideais para as faixas de altitudes – entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m – com valores próximos a 19,5°C. Entretanto, a faixa inferior a 1000 m de altitude apresentou média acima de 21°C, segundo Camargo (1985) e Assad et al., 2001, a faixa ideal de temperatura média anual é de 19 a 21°C.

Nota-se, em ambos os períodos estudados (julho de 2011 a junho de 2012 e julho de 2012 a junho de 2013), para o fator climático precipitação, um choque hídrico no mês de setembro. Esse fato possibilitou que as gemas maduras se transformassem em botões florais e florescessem (CAMARGO; CAMARGO, 2001), possibilitando, assim, uma maior uniformidade e melhor qualidade dos grãos e da bebida do café.

#### **4.2.1 Análise estatística das séries climáticas para a área piloto**

Os gráficos e correlogramas, a seguir (Figura 29 a 31), são das diferenças, duas a duas, entre as séries de dados climáticos, coletados em três diferentes faixas de altitude, a saber, abaixo de 1000 m, entre 1000 e 1200 m e acima de 1200 m.

Observa-se na Figura 29, gráficos e correlogramas de séries que não apresentaram nenhuma tendência crescente ou decrescente, ou seja, as séries originais têm o mesmo comportamento. Os seus valores se alteram somente em razão da altitude em que foram coletados os dados.

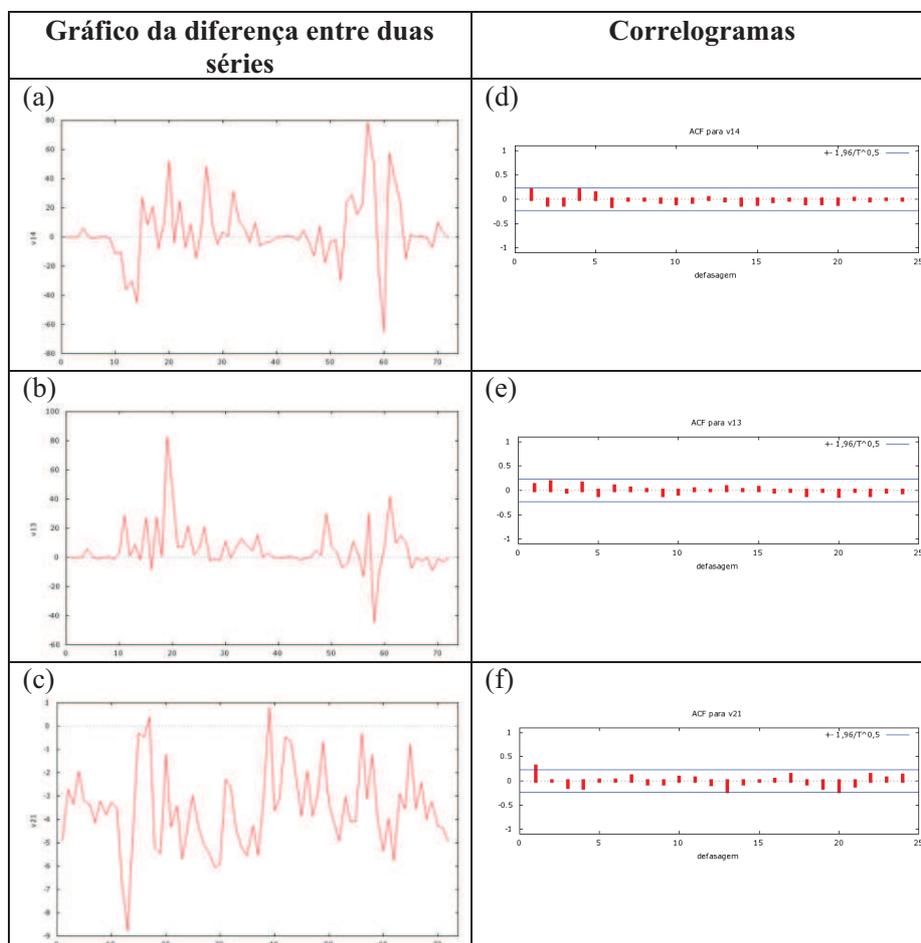


Figura 29 Gráficos de diferenças (A), (B) e (C) e Correlogramas (D), (E) e (F) para Precipitação (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), Precipitação (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) e Umidade Relativa do Ar (entre 1000 e 1200 m – acima de 1200 m), respectivamente

Na Figura 30, é possível observar um crescimento nos gráficos A, B, C, D e F no começo das séries, isso significa que houve uma tendência crescente.

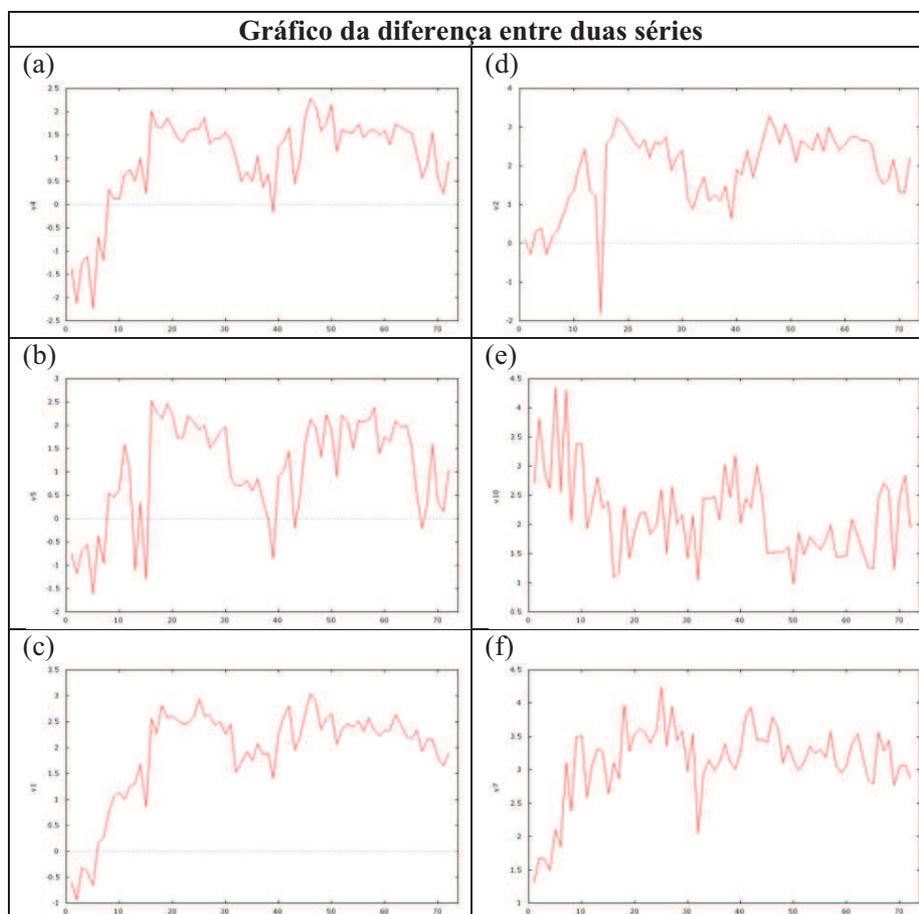


Figura 30 Gráficos de diferença para (A) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (B) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (C) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (D) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (E) Amplitude Térmica (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) e (F) Temperatura Máxima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m)

Observa-se, no gráfico (A), por exemplo, que, nas primeiras observações, houve uma inversão de temperatura entre os ambientes comparados, abaixo de 1000 m e entre 1000 e 1200 m, permanecendo, assim, até o final das observações com uma diferença de, aproximadamente, 2°C entre os

ambientes. No gráfico (F), apesar de não haver inversão de temperatura nos ambientes testados, houve um aumento significativo da diferença entre as temperaturas no início das observações, as quais se estabilizaram em torno de 3° C, aproximadamente. Já, no gráfico E, houve um decréscimo na série, mostrando uma tendência decrescente. Essas tendências são confirmadas nos correlogramas da Figura 31. Logo após o crescimento ou decréscimo nas séries, nota-se pelos gráficos uma condição estável, demonstrando um comportamento estacionário.

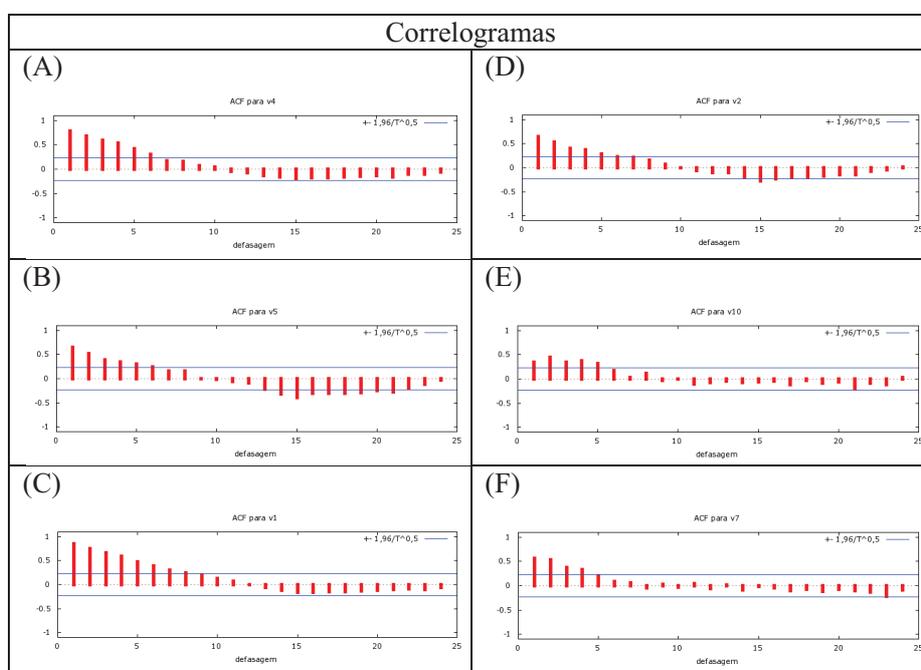


Figura 31 Correlogramas para (A) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (B) Temperatura Mínima (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (C) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m), (D) Temperatura Média (abaixo de 1000 m – acima de 1200 m), (E) Amplitude Térmica (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m) e (F) Temperatura Máxima (abaixo de 1000 m – entre 1000 e 1200 m)

Outros estudos desenvolvidos na área piloto revelam que tanto a composição química quanto a qualidade do café dependem da interação entre o genótipo, o processamento e a altitude (Taveira, 2014; Ribeiro 2013).

Pelos dados médios sensoriais revela-se que tanto na safra 11/12 quanto na safra 12/13 os menores valores médios foram encontrados para a variedade Acaiá, variando entre 82,2 a 84,4 pontos, em altitudes abaixo de 1200m. Por outro lado, os maiores valores médios foram encontrados para a variedade Bourbon Amarelo variando entre 85,8 a 87,6 pontos, para altitudes acima de 1000m.

Estudos com a complexidade do presente trabalho necessitam de abordagens estatísticas capazes de correlacionar dados sensoriais com as variáveis climáticas. No entanto, pode-se observar que com alguns resultados confirmam-se relatos clássicos na literatura como a relação entre as baixas temperaturas médias com a melhor qualidade.

No entanto, um fato novo foi observado. As maiores amplitudes térmicas estão relacionadas com a ocorrência de café com qualidade inferior.

Nesse caso, as maiores amplitudes térmicas foram encontradas na faixa de altitude abaixo de 1000m. Nessa faixa de altitude foram encontrados os menores valores médios para a qualidade sensorial do café.

Diversas razões podem estar relacionadas a esse fato. Entre as várias possibilidades, destacam-se os dados obtidos por Silveira (2014), em trabalhos conduzidos nessa mesma área piloto com o objetivo de estudar a variação sazonal de atributos ecofisiológicos e metabólicos de café arábica em três altitudes. O autor concluiu que a altitude foi determinante para as diferenças fisiológicas entre as plantas estudadas, indicando que as plantas localizadas nas menores altitudes sofreram maior estresse oxidativo. Tanto as maiores temperaturas médias como a maior amplitude térmica podem estar relacionados com esse fato. De acordo com o autor, a menor atividade antioxidante está

relacionada com a maior formação de espécies reativas ao oxigênio, que concorre para a pior qualidade da bebida.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com estudo realizado, a microrregião Mantiqueira de Minas é apta na produção de qualidade de cafés. Porém, o não uso de tecnologias na pós-colheita pode prejudicar a qualidade desses cafés.

A temperatura do ar foi o parâmetro climático analisado que apresentou maiores diferenças entre as faixas de altitude – abaixo de 1000 m e acima de 1000 m.

E um fato novo foi observado. As maiores amplitudes térmicas estão relacionadas com a ocorrência de café com qualidade inferior.

## REFERÊNCIAS

ALVES, H. M. R. et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, mar./abr. 2011.

AMARAL, J. A. T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. 1991. 139 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of American Society Horticultural Science**, Virginia, v. 74, n. 4, p. 430-445, Mar. 1959.

ASSAD, E. D. et al. Zoneamento agroclimático para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Estado de Goiás e sudoeste do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 510-518, 2001.

AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa Maria de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, Aug. 2005.

AVELINO, J. et al. **Ver une identification de cafés-terroir au Honduras**. Montpellier: Plantations Recherche Developpement, 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

BARBOSA, J. N. et al. Discrimination of production environments of specialty coffees by means of stable isotopes and discriminant model. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 6, n. 5, p. 55-64, Mar. 2014.

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

BORÉM, F. M. et al. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 52, p. 1-6, Jan. 2013.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**: volume 1. Lavras: Editora da UFLA, 2008.

BORÉM, F. M. **Protocolo de identidade, qualidade e rastreabilidade para embasamento da indicação geográfica dos cafés da Mantiqueira**. Lavras: Editora da UFLA, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 08, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 maio 2003. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 04 ago. 2014.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Mercado de cafés especiais no Brasil dobra em três anos**. Belo Horizonte: BSCA, 2012. Disponível em: <<http://bsca.com.br/noticia.php?id=118>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **O que são cafés especiais**. Belo Horizonte: BSCA, 2014. Disponível em: <http://bsca.com.br/cafes-especiais.php>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

CAMARGO, A. P. Arborização de cafezais. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 25-27, abr. 2007.

CAMARGO, A. P. de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeeiras) do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p.830-839, mar. 1985.

CAMARGO, A. P. de; PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994.

CAMARGO, A. P. de; SANTINATO, R.; CORTEZ, J. G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de arábica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 18., 1992, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: MARA/PROCAFÉ, 1992. p. 70-74.

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

CAMARGO, A. P.; FRANCO, C. F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: MATIELLO, A. et al. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 5. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1985. p.19-50.

CANTERGIANI, E. et al. Characterization of mouldy/earthy defect in green mexican coffee. In: COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL COFFEE SCIENCE ASSOCIATION, 18., 1999, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki: ASIC, 1999.

CARAMORI, P. H. et al. Zonas de maturação dos cultivares de café catuaí e mundo novo no estado do Paraná baseadas no acúmulo de graus-dia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa-Café, 2007. 1 CD-ROM.

CARVALHO, L. G. et al. (Org.). **Zoneamento econômico ecológico de estado de Minas Gerais**: componente geofísico e biótico. Leavras: Editora da UFLA, 2007. 1 CD-ROM.

COELHO, F. M. G. O café num outro retrato do Brasil rural: o lugar da agricultura familiar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, nesp., p. 09-16, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de informações agropecuárias**. Brasília: Conab, 2014. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

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

DECAZY, F. et al. Qualidade de diferentes cafés hondurenhos em relação a diferentes meio ambientes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, dez. 2003.

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

FIGUEIREDO, L. P. et al. The potential for high quality bourbon coffees from different environments. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 5, n. 10, p. 87–98, Aug. 2013.

GOUVEIA, N. M. **Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de Coffea arabica L.:** observações sobre antese e maturação dos frutos. 1984. 237 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas, 1984.

GUYOT, B. et al. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica. **Plantations Recherche Développement**, Elmsford, v. 3, n. 4, p. 272–280, 1996.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão territorial do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <[ftp://www.ibge.gov.br/Organizacao/Divisao\\_Territorial/2008/DTB\\_2008.zip](ftp://www.ibge.gov.br/Organizacao/Divisao_Territorial/2008/DTB_2008.zip)>. Acesso em: 21 maio 2014.

ISQUIERDO, E. P. et al. Qualidade do café desmucilado submetido ao parcelamento da secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-90, mar. 2011.

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

LAVIOLA, B. G. et al. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1451-1462, nov./dez. 2007.

LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO DA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<http://www.epamig.ufla.br/geosolos/equipe.html>>. Acesso em: 14 mar. 2014.

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

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA, 2005.

MATTA, F. M. da et al. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 24-32, abr. 2001.

MATTA, F. M. da. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2-3, p. 99-114, Mar. 2004.

MEIRELES, E. J. L. et al. Café. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 351-372.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Brasília: MAPA, 2014. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Sumario/index.jsp?siglaUF=MG>>. Acesso em: 28 jan. 2014.

MÔNACO, L. C. Qualidade da bebida. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, n. 176, p. 5, 1958.

MORAIS, H. et al. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 763- 770, May 2006.

NACIF, A. P. de. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (Coffea arábica L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio – MG**. 1997. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Estudios de investigación de evaluación sensorial sobre la calidad del café cultivado en la región de Patrocínio en el Estado de Minas Gerais en Brasil**. Londres: [s.n], 1991.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, jan. 2003.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, nov./dez. 2008.

PIRINGER, A. A.; BORTHWICK, H. A. Photoperiodic responses of coffee. **Turrialba**, San Jose, v. 5, n. 3, p. 72-75, Sept. 1955.

PUERTA-QUINTERO, G. I. P. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. **Cenicafé**, Caldas, v. 50, n. 1, p. 78-88, ene./mar. 1999.

REDDY, A. G. S. M. Quiescence of coffee flower buds and observations on the influence of temperature and humidity on its release. **Journal of Coffee Research**, Balehonur, v. 9, n. 1, p. 1- 13, July 1979.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, nov. 1985.

RIBEIRO, D. E. **Interação genótipo e ambiente na composição química e qualidade sensorial de cafés especiais em diferentes formas de processamento**. 2013. 62 p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

RIBEIRO, F. C. et al. Storage of green coffee in hermetic packing injected with CO<sub>2</sub>. **Journal of Stored Products Research**, London, v. 47, n. 4, p. 341-348, Oct. 2011.

SEDIYAMA, G. C. et al. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 501-509, dez. 1998.

SERRANO, C. E. B.; CASTRILLÓN, J. J. C. Influência de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206 B en Colombia. **Cenicafé**, Chinchina, v. 53, n. 2, p. 119-131, Apr./June 2002.

SILVA, L. F. M. et al. Avaliação de interpoladores espaciais para representação da temperatura do ar na região da serra da mantiqueira, minas gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42., 2013, Fortaleza. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2013.

SILVEIRA, H. R. de O. **Variação sazonal de atributos ecofisiológicos e metabólicos de café arábica em três altitudes**. 2014. 73 p. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Backgrounder:** what's special about specialty coffee? Long Beach: SCAA, 2012. Disponível em: <[http://www.javadavescoffee.com/PDF\\_Documents/Press-What-is-Specialty-Coffee.pdf](http://www.javadavescoffee.com/PDF_Documents/Press-What-is-Specialty-Coffee.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2014.

TAVEIRA, J. H. da S. **Metabolite profile and sensory quality of Arabica genotypes grown in different altitudes and processed by different post-harvest methods.** 2014. 71 p. Tese (Doutorado de Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

THOMAZIELLO, R. A. et al. **Café arábica:** cultura e técnicas de produção. Campinas: IAC, 2000.

VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 86, n. 2, p. 197–204, Oct. 2006.