

MODELO AGROMETEOROLÓGICO NA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DE DUAS VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBICA CONSIDERANDO A VARIABILIDADE ESPACIAL

Samuel de Assis Silva¹, Julião Sares de Souza Lima², Rone Batista de Oliveira³

¹*Doutorando em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, email: samuel-assis@hotmail.com*

²*Prof. Associado I, UFES, Alegre – ES*

³*Doutor em Energia na Agricultura, UNESP, Botucatu, SP*

1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar a produtividade das variedades de café arábica, Catucaí e Catuaí, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, através de modelos matemáticos agrometeorológicos, considerando a variabilidade espacial da produtividade nas áreas. Os pontos amostrais foram georreferenciados para a construção de uma malha irregular, totalizando 50 pontos por área. Em seguida, procedeu-se a análise geoestatística para quantificar o grau de dependência espacial dos valores reais e os estimados de produtividade. De acordo com a classificação, o modelo superestimou a produtividade para as duas variedades analisadas.

UNITERMOS: Previsão de Safra, geoestatística, precipitação.

SILVA, S. de A.; LIMA, J. S. de S.; OLIVEIRA, R. B. de.
AGROMETEOROLOGICAL MODEL ESTIMATING THE PRODUCTIVITY OF TWO VARIETIES OF ARABIC COFFEE CONSIDERING THE SPATIAL VARIABILITY

2 ABSTRACT

The purpose of this study was to estimate the varieties of coffee Arabic Catucaí and Catuaí productivity, in Zona da Mata, Minas Gerais, through agrometeorological mathematical models, considering the spatial variability of productivity in the area. The samplings were georeferenced building an irregular grid, totalizing 50 samplings per area. After that, geostatic analysis was made to quantify spatial dependence degree of the real values and the estimated productivity. According to the classification, the models superestimated the productivity for the two varieties.

KEY-WORDS: Forecast of Harvest, geoestatistic, precipitation.

3 INTRODUÇÃO

A atividade cafeeira vem se adaptando nos últimos anos para atender a demanda do mercado. Se por um lado grandes níveis de tecnologia têm sido exigidos pelo setor para o aumento da produtividade, redução de custos e restrição ao uso de agroquímicos, por outro

lado, nunca se valorizou tanto a qualidade do café devido a crescente expansão do consumo de cafés especiais (Mendonça et al., 2007; Alves, 2009).

O conhecimento prévio e preciso das safras agrícolas é uma questão estratégica para os produtores, bem como para o país, quer seja no planejamento do abastecimento interno, como para a orientação das ações referentes ao mercado externo, diminuindo a volatilidade do mercado (Zacharias et al., 2008). Estimar safras agrícolas com precisão e antecipação é uma tarefa sofisticada em função da diversidade de variedades encontradas no mercado, diferentes tipos de manejo, tipos de solos e/ou clima que são encontrados no Brasil (Alfonsi, 2008).

Desta maneira, a produtividade pode ser bem caracterizada através de modelos matemáticos de monitoramento agrometeorológico que consideram que cada fator climático exerce certo controle na produtividade por influenciar em determinados períodos críticos da cultura, como florescimento e formação de grãos em cafeeiros (Santos, 2005; Nunes, 2009). Tais modelos além de fornecer dados para alimentar os sistemas de previsão de safras agrícolas, permitem identificar, ao longo do ciclo da cultura, fatores que atuam negativamente na produtividade, orientando a tomada de decisão (Rosa et al., 2010).

É fundamental que haja uma incorporação constante de tecnologia aos métodos utilizados operacionalmente na previsão de safras para que eles se tornem cada vez mais consistentes. Queiroz et al. (2004), afirma que a agricultura de precisão pode trazer inúmeros benefícios a diferentes sistemas de produção agrícola, inclusive para a cultura do café. O emprego das técnicas de agricultura de precisão pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos em maior quantidade e com melhor qualidade, e até mesmo no entendimento dos fatores inerentes à produção. A agricultura de precisão é uma ferramenta com elevado potencial na previsão de safras agrícolas, uma vez que considera a variabilidade espacial dos talhões e até mesmo das plantas (Silva et al., 2009).

O objetivo deste estudo foi estimar a produtividade de duas variedades de café arábica usando modelos agrometeorológicos considerando a variabilidade espacial da produtividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Zona da Mata de Minas Gerais, no município de Reduto, em duas áreas cultivadas com *Coffea arabica* L., sendo uma com a variedade Catucaí e outra com a Catuaí, ambas no espaçamento de 2,0 x 0,60 m, no ano agrícola de 2007/2008. A área localiza-se a 20° 45' 45,4" de latitude S e 41° 32' 9,75" de longitude W, em um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico com horizonte A bastante espesso e rico em matéria orgânica, conforme classificação apresentada pela Embrapa (2006).

O levantamento da produtividade foi realizado em uma malha de amostragem, totalizando 100 pontos georreferenciados, sendo 50 em cada área, onde cada ponto amostral consistia de três plantas, sendo a produtividade do ponto o resultado do somatório da produtividade individual das plantas.

Os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica da Heringer, Manhuaçu - MG. O balanço hídrico climatológico (Figura 1) foi realizado segundo o método de Thornthwaite & Matter (1955), com os dados de precipitação pluviométrica e temperatura para o período de estudo, contemplando todos os estádios fenológicos da cultura, adotando-se para fins de cálculo uma capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) de 100 mm, aprofundamento do sistema radicular de 1 metro, conforme Picini et al. (1999). Partindo do princípio de que o café é uma cultura perene e que a produtividade utilizada nas análises desse estudo são provenientes de cafeeiros adultos, o valor de Kc adotado no cálculo

do balanço hídrico se iguala à unidade ($Kc = 1$), assumindo-se, assim, plena cobertura do terreno pelas plantas adultas (Camargo & Pereira, 1994).

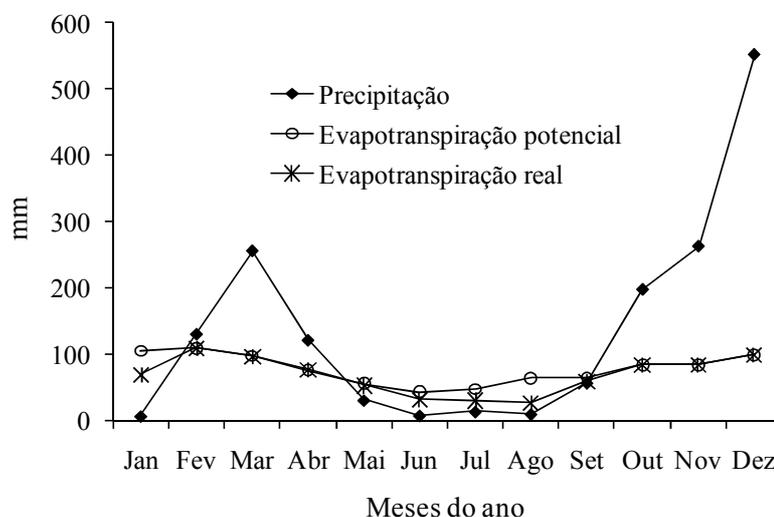


Figura 1. Balanço hídrico, correspondente ao período de avaliação do experimento.

Foram considerados três estádios fenológicos no desenvolvimento do modelo: (I) estágio de dormência das gemas florais e início do florescimento, que ocorre no trimestre julho-agosto-setembro; (II) estágio de florescimento e início de formação dos grãos, no trimestre outubro-novembro-dezembro, e (III) estágio de formação dos grãos e início da maturação, que ocorre no trimestre de janeiro-fevereiro-março conforme, sugerido por Camargo e Camargo (2001).

Utilizou-se na estimativa da produtividade das duas variedades o modelo matemático agrometeorológico geral conforme Santos (2005):

$$PROD_{EST} = \left(Ky \left(\frac{Yaa}{Yp} \right) \right) * Q(\%)$$

Em que: $PROD_{EST}$ é a produtividade estimada ($sacos.ha^{-1}$), Yaa é a produtividade da safra anterior ($sacos.ha^{-1}$), Yp é a produtividade potencial da cultura ($sacos.ha^{-1}$), Ky corresponde ao coeficiente de penalização relativo à produtividade, em função da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos; e $Q(\%)$ é quebra relativa de produtividade estimada, determinado pela seguinte equação:

$$Q(\%) = \left\{ \left[1 - \left(ky \left(1 - \frac{ETR}{ETP} \right) \right) \right] * (1 - f.Tmax) \right\}$$

Em que: ETR corresponde à evapotranspiração de referência; ETP é a evapotranspiração potencial; $f.Tmax$ o componente térmico do modelo que se baseia na ocorrência de temperaturas adversas máximas, ocorridas durante os estádios fenológicos

críticos e que interferem na produtividade da cultura, o qual é determinado através do modelo de Gompertz proposto por Camargo et al. (2003):

$$Y = 1 - \left(\alpha_1 * \exp^{-\exp(b_2 - (C_2 * X_2))} \right)$$

Em que: Y é a penalização por temperaturas máximas absolutas do ar superiores a 23°C durante os estádios do florescimento e chumbinho (%); X₂ é a temperatura média (°C) do período subsequente à plena florada e os coeficientes $\alpha_1 = 141,771$; $b_2 = 17,9486$ e $C_2 = 0,6782$, conforme descrito em Santos (2005).

Camargo et al. (2003) sugerem uma penalização não linear para representar a porcentagem de cafeeiros danificados por temperaturas mínimas absolutas anuais inferiores a 2°C. Como as menores temperaturas observadas durante a avaliação foram significativamente superiores a 2°C, optou-se pela não utilização dessa penalização, pois a mesma não traria ganhos à estimativa de produtividade.

A produtividade potencial (Y_p) que, segundo Picini et al. (1999) indica, de certa forma, o nível tecnológico que é empregado na lavoura, por se tratar do valor máximo estabelecido para as condições comerciais desde que não ocorra nenhuma restrição climática, foi calculada acrescentando 10% ao maior valor de produtividade encontrado na série estudada, visando eliminar todo efeito do ambiente que pudesse interferir sobre o valor potencial de produtividade, conforme Picini et al. (1999), Carvalho et al. (2003) e Santos (2005).

Quantificou-se a eficiência do modelo conforme Alfonsi (2008), através do produto entre o coeficiente de determinação (R²) da estimativa e o coeficiente de Willmott (d) denominado índice “C” (Camargo & Sentelhas, 1997), sendo este classificado em ótimo (>0,86), muito bom (0,76 a 0,85), bom (0,66 a 0,75), mediano (0,61 a 0,65), sofrível (0,51 a 0,60), mau (0,41 a 0,50) e péssimo (≤0,4).

Os dados de produtividade real e estimada pelos modelos agrometeorológicos foram analisados por meio das medidas de posição e dispersão na análise da estatística descritiva e exploratória sendo testada, também, a normalidade dos dados pelo teste Shapiro-Wilk's, a 5% de probabilidade (KS).

A análise geoestatística foi realizada com a finalidade de verificar a existência e, neste caso, quantificar o grau de dependência espacial da produtividade real e estimada a partir do ajuste de funções teóricas aos modelos de semivariogramas experimentais, com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca, conforme a seguinte equação:

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

Em que: N(h) é o número de pares experimentais de observações Z(x_i), Z(x_i+h), separados por um vetor h. No ajuste dos modelos teóricos aos semivariogramas experimentais determinou-se os coeficientes efeito pepita (C₀), patamar (C₀ + C₁), variância estrutural (C₁) e alcance (A₀) pelo software GS⁺. Na escolha dos modelos utilizou-se o critério dos mínimos quadrados, optando-se na seleção pelos modelos com maior valor de R² (coeficiente de determinação), menor SQR (soma de quadrado dos resíduos) e maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada.

A análise do índice de dependência espacial (IDE%) baseou-se na relação definida pelo *software* GS⁺ ($C_1/C_0 + C_1$) e sua classificação foi de acordo com os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera a dependência espacial fraca ($IDE \leq 25\%$); moderada ($25\% < IDE \leq 75\%$) e forte ($IDE > 75\%$).

As funções semivariograma foram utilizadas na confecção de mapas interpolados por krigagem ordinária para os valores de produtividade real e produtividade estimada onde foram avaliadas as suas devidas distribuições espaciais. Tais procedimentos foram realizados no *software* GS⁺ e os mapas construídos no *software* SURFER.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho do modelo na estimativa da produtividade das duas variedades e também as medidas de posição e dispersão estão apresentados na Tabela 1. Comparando as produtividades, observa-se que o modelo superestima o seu valor para as duas variedades, o que se justifica pelo seu desempenho mediano, segundo classificação de Camargo e Sentelhas (1997). Estes resultados mostram que o modelo apresenta baixa eficiência para auxiliar o planejamento das operações agrícolas, além de sugerir que influências de fatores não controláveis nas avaliações, como nutrição das plantas, ataque de pragas ou doenças e outros fatores fitotécnicos, possam ter afetado o seu desempenho, embora outros autores, como Santos (2005) e Alfonsi (2008), tenham obtido sucesso no uso de tais modelos.

Tabela 1. Estatística descritiva, distribuição de frequência e desempenho do modelo de estimativa da produtividade para as duas variedades de café arábica.

Prod (sc ha ⁻¹)	Estatísticas									
	Média	Med	Mín	Máx	CV%	s	C _s	C _k	w	C
Real ⁽¹⁾	89,89	85,54	30,50	144,36	30,19	27,14	0,28	-0,65	ns	0,61
Estimada ⁽¹⁾	114,65	109,11	38,90	184,13	47,64	54,62	0,38	-0,67	ns	
Real ⁽²⁾	109,98	115,84	34,37	174,33	29,87	32,85	-0,25	0,01	ns	0,65
Estimada ⁽²⁾	140,27	147,74	43,84	222,36	37,00	51,90	-0,29	0,09	ns	

⁽¹⁾ Catucaí; ⁽²⁾ Catuaí; CV% - coeficiente de variação; C_s – coeficiente de assimetria; C_k – coeficiente de curtose; ns distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk's ao nível de 5% de probabilidade; C - índice de desempenho do modelo.

A variabilidade, medida pelo coeficiente de variação, indica que os valores reais apresentaram flutuação inferior àqueles estimados, para as duas variedades, sendo a maior variação observada na Catucaí, em que a eficiência do método de estimativa foi igualmente inferior. Valores maiores de CV podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade nos dados. Silva et al. (2007 e 2008), trabalhando com produtividades reais da cultura do café, encontraram valores semelhantes aos observados neste trabalho.

Todas as produtividades (real e estimada) se ajustaram à distribuição normal avaliada pelo teste Shapiro-Wilk's a 5% de probabilidade e com valores de assimetria e curtose próximos de zero.

Todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial, expressa pelos modelos de semivariogramas (Figura 2). Com exceção da produtividade estimada para o Catuaí, em que o modelo foi o exponencial, às demais produtividades ajustou-se o modelo

esférico, que é o mais encontrado nas pesquisas que envolvem atributos de planta e de produtividade (Souza et al., 2004; Grego & Vieira, 2005; Souza et al., 2009; Silva et al., 2010), no entanto, outros autores como Marques júnior et al. (2000), estudando a variabilidade espacial de atributos químicos e produção do café, não encontraram ajuste de modelo esférico aos semivariogramas da produtividade, o que demonstra não ser uma regra o ajuste desse modelo.

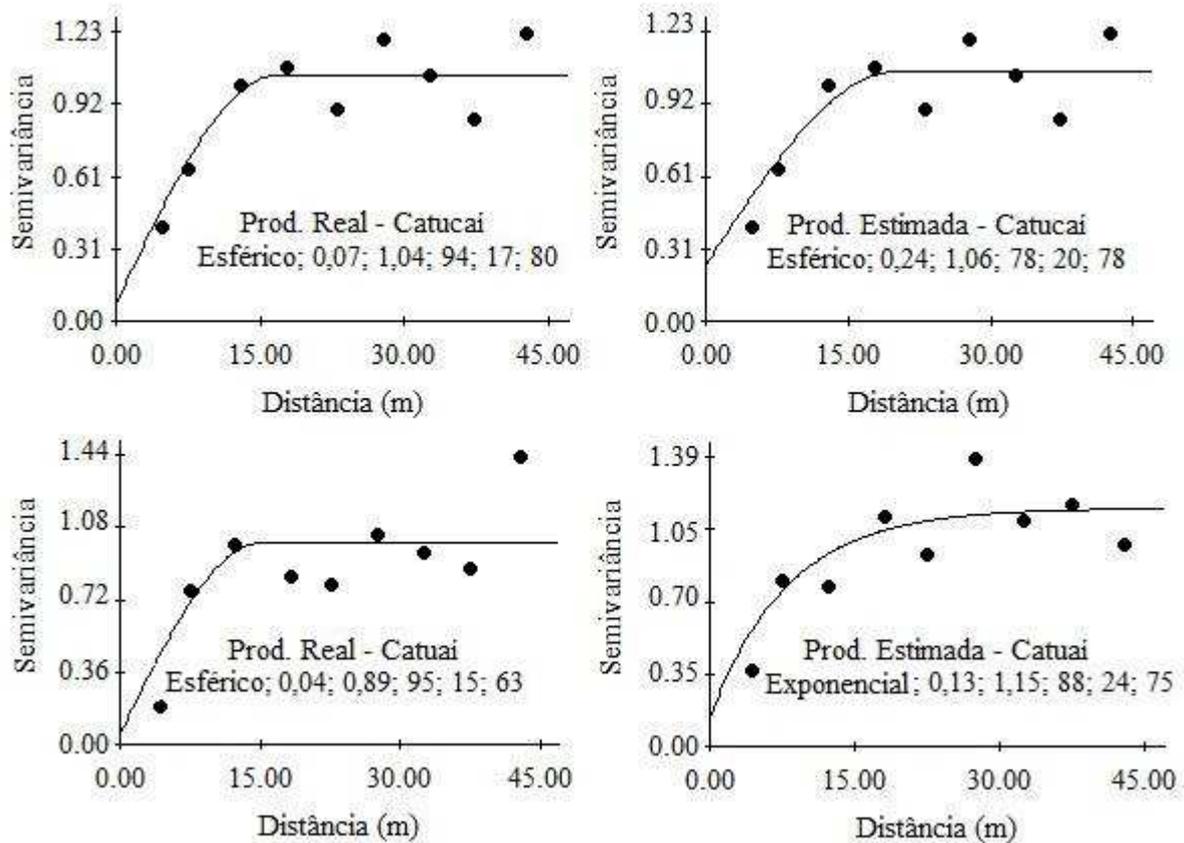


Figura 2. Modelos e parâmetros (C_0 ; C_0+C_1 ; IDE; A_0 e R^2) dos semivariogramas escalonados para as produtividades real e estimada das variedades de café.

Os alcances dos semivariogramas são bem próximos para as produtividades, no entanto maior continuidade espacial foi detectada para a estimada do Catucaí, com alcance de 24 m. Os valores de produtividade real apresentaram menores alcances que os estimados. Segundo Siqueira (2006), esse fato é comum, pois por meio da estatística descritiva atributos que apresentaram valores de variabilidade não detectada pelo esquema de amostragem, mostram maior descontinuidade entre amostras quando analisadas pela geoestatística.

As produtividades, real e estimada, apresentaram forte dependência espacial para as duas variedades, conforme classificação de Zimback (2001). Valores semelhantes foram observados por Silva et al. (2008).

A distribuição espacial das produtividades das duas variedades (Figura 3), através dos mapas interpolados por krigagem ordinária e agrupados por quartis, permitiu observar o discutido anteriormente acerca da superestimativa dos valores de produtividade pelo modelo utilizado. Na variedade Catucaí o modelo promoveu alteração na distribuição das classes, passando a área com maior totalidade de valores do segundo quartil na produtividade real para

o terceiro quartil na estimada. Esse comportamento não foi observado na área de Catuaí, onde, apesar da superestimativa dos valores de produtividade, a distribuição manteve-se semelhante quando analisada pelos quartis.

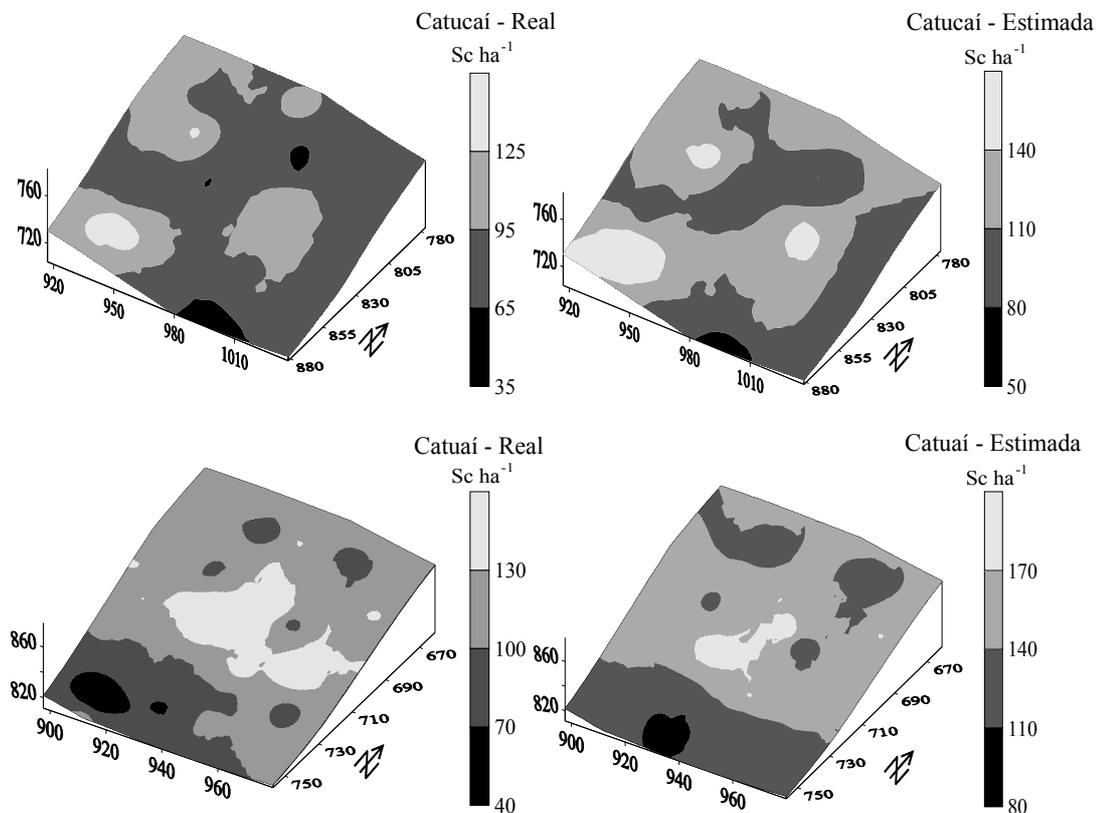


Figura 3. Distribuição espacial da produtividade real e estimada para as duas variedades de café arábica.

A declividade do terreno revelou uma relação positiva com a produtividade do Catuaí, tanto para valores reais quanto para estimados, onde, em áreas mais elevadas, as produtividades foram maiores. Esse comportamento não foi observado para a variedade Catucaí, uma vez que a distribuição crescente das produtividades se deu no sentido leste – oeste da área. Estudos têm demonstrado que o relevo tem sido um parâmetro que define a distribuição dos atributos, sejam de solo ou planta, ao longo da paisagem, apresentando altas correlações com a produtividade de culturas (Kuzyakova & Richter, 2003; Souza et al., 2004;).

6 CONCLUSÕES

O modelo utilizado apresentou mediana eficiência na estimativa da produtividade das duas variedades, superestimando os seus valores.

O modelo promoveu alteração na distribuição das classes, passando a área com maior totalidade de valores do segundo quartil na produtividade real para o terceiro quartil, para a variedade Catucaí.

A produtividade da variedade Catuaí foi influenciada pela declividade do terreno, com maiores valores reais e estimados em regiões mais elevadas da área.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, E. L. **Uso de índices fenológicos em modelos de previsão de produtividade do cafeeiro**. Tese (Doutorado – Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2008. 104 p.
- ALVES, E. A. **Variabilidade espacial e temporal da qualidade do café cereja produzido na região das serras de minas**. Tese (Doutorado – Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009. 121p.
- CAMARGO, A. P. & PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneve, World Meteorological Organization, 1994. 96p. (Agricultural Meteorology CaM Report, 58).
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.65-68. 2001.
- CAMARGO, M.B.P.; SANTOS, M.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; FAHL, J.I.; BRUNINI, O.; MEIRELIS, E.J.L.; BARDIN, L. Modelo agrometeorológico de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade como subsídio à previsão de safra de café (*Coffea arabica* L.): resultados preliminares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003, Porto Seguro - BA. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 75.
- CAMARGO, M.B.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1. p. 89-97, 1997.
- CARVALHO, L.G.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R.; ALVES, H.M.R. Avaliação de um modelo agrometeorológico para a previsão de produtividade de café em três localidades da região sul de Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.343-352, 2003.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro, 2 ed., 2006, 412p.
- GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.2, p.169-177, 2005.
- KUZYAKOVA, I; RICHTER, C. Variability of soil parameters in a uniformity trial on a Luvisol evaluated by means of spatial statistics. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v.166, n.3, p.348-356, 2003.
- MARQUES JÚNIOR et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas e físicas de latossolos em áreas de cerrado sob cultivo de café, em Patrocínio, MG. In: BALASTREIRE, L.A. **O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil**, Capítulo III - Mapeamento da Produtividade e de Atributos de Solos e de Plantas. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.105-112.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G.; BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciênc. agrotec.**, vol. 31, no. 2, p. 413-419, 2007.

NUNES, F. L. **Modelo agrometeorológico da duração do estágio fenológico da floração-maturação do café arábica**. Dissertação (Mestrado - Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2009. 98p.

PICINI, A.G.; CAMARGO, M.B.P., ORTOLANI, A. A.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.1,p. 157-170, 1999.

QUEIROZ, D. M.; PINTO, F.A.C; ZANDONADI, R.S.; EMERICH,I.N.; SENA JUNIOR, D.G. **Uso de Técnicas de Agricultura de Precisão para a Cafeicultura de Montanha**. In: ZAMBOLIM.(Ed.) Efeitos da Irrigação sobre a Qualidade e Produtividade do Café. Viçosa, MG. p. 77-108, 2004.

ROSA, V. G. C.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M. Estimativa da produtividade de café com base em um modelo agrometeorológico-espectral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1478-1488, 2010.

SANTOS, M. A.: **Parametrização de coeficientes de sensibilidade e teste de modelos agrometeorológicos de estimativa de quebra de produtividade do cafeeiro (*Coffea Arabica* L.)**. 2005. 138 p. Dissertação (Mestrado na área de Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, v.37, n.2, mar-abr, 2007.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev., 2008.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial da produtividade e teores de macronutrientes nas folhas de duas variedades de café arábica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n.5, p. 337-354, 2009.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S. Estudo da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cultivo de café arábica por meio de geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 560-567, jul./ago., 2010.

SIQUEIRA, G. M. **Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos**. 2006. 163 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; XAVIER, A. C. Aplicação de lógica fuzzy e geoestatística na análise da fertilidade de um solo sob pastagem. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 323-330, 2009.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.34, n.6, nov-dez, 2004.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton,: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, (Publications in Climatology), v.8, n.1, 1955, 104p.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C. Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 249-256, 2008.

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