

ANÁLISE DE MODELO DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO COM BASE EM DADOS FENOLÓGICOS

MÁRCIA E. AMÂNCIO¹, ALAN D. ANDRADE², PAULO H. F. FIGUEIREDO³, WEZER L. MIRANDA⁴, LUIZ G. DE CARVALHO⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35) 9198-9577, marciaeduardaam@gmail.com

² Graduando em Eng. Agrícola, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35) 8834-3582, alanmg13@gmail.com

³ Graduando em Eng. Agrícola, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35)9100-5434, phdecoz@gmail.com

⁴ Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35)9959-5205, wmlismar@yahoo.com.br

⁵ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35)3829-1678, lgonsaga@deg.ufla.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

RESUMO: A previsão de produtividade do cafeeiro é bastante complexa devido aos intrincados mecanismos fisiológicos da própria cultura e das condições de manejo da lavoura. Em geral, esta previsão tem sido feita de forma subjetiva, não permitindo a repetibilidade do processo. Assim, com o presente trabalho, objetivou-se avaliar uma metodologia para estimativa da produtividade do cafeeiro, com base no uso de índices fenológicos. A coleta de dados para a análise do modelo foi realizada em lavouras situadas na região sul de Minas Gerais. Nos talhões amostrados escolheu-se aleatoriamente quatro ruas de cultivo e nestas fez-se um caminhamento em "zig-zag" marcando uma planta a cada 10 metros de distância. Em cada uma das 40 plantas tomou-se um ramo do terço médio onde foi feita uma contagem do número de frutos no estágio de "chumbinho" no 4º e 5º nós produtivos. Também foi necessária a informação quanto a altura média das plantas e espaçamento entre linhas de cultivo. Com estes dados obteve-se o índice fenológico que fica estabelecido como um número e ao alimentar o modelo tem-se uma resposta em produtividade ($sc \cdot ha^{-1}$). A produtividade dos talhões analisados foi subestimada nos casos analisados, indicando a necessidade de ajustes para aplicação local.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., fenologia, modelagem agrometeorológica

ANALYSIS MODEL OF FORECAST PRODUCTIVITY OF COFFEE TREE BASED ON DATA PHENOLOGICAL

ABSTRACT: The estimate of the production of coffee is complex due to the intricate physiological mechanisms of their own culture and conditions of crop management. In general, this prediction has been made subjectively, not permitting process repeatability. Thus, the present work aimed to evaluate a methodology for estimating the productivity of coffee, based on the use of phenological indexes. Data collection for model analysis was performed on farms located in the southern region of Minas Gerais. In the sampled plots was chosen randomly from four streets cultivation and marking a plant every 10 meters. In each of the 40 plants - took up a branch of the middle third where it was made a count of the number of fruits on the 4th and 5th nodes productive. Information was also necessary as the average plant spacing and height of cultivation. From these data obtained the phenological index number is established as a model feed and has a response productivity. The productivity of the analyzed plots was underestimated in the cases analyzed, indicating the need for adjustments for local application.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., phenology, agrometeorological modeling

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e é o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos da América. A fim de mudar este cenário, fazendo o país se tornar também o maior consumidor mundial, foram criadas associações, certificações, dentre outras iniciativas com vistas a promover a cafeicultura atendendo as exigências do mercado. Além das iniciativas adotadas neste sentido, em função do impacto socioeconômico desta atividade agrícola, instituições de pesquisa têm investido no desenvolvimento do conhecimento a respeito desta cultura desde a implantação até a comercialização e neste contexto, atenção especial tem sido dada a estimativa de produção.

A previsão oficial da produção de café no Brasil é de responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 1999). O método consiste em amostragens estatísticas, em que são selecionadas propriedades cafeeiras do cadastro geral de cafeicultores de alguns estados como Minas Gerais e Bahia. No Paraná, a amostragem é constituída por amostras de pontos sobre base de fotos de satélite. Em outros, as informações normalmente são obtidas em órgãos de assistência técnica e outras fontes locais.

No entanto, nos métodos citados, há um nível considerável de subjetividade o que implica em dificuldades na repetição da estimativa no correr dos anos agrícolas.

A fim de atribuir um critério científico bem delimitado, para estas estimativas, Rosa et al. (2010) utilizaram imagens de satélite e dados agrometeorológicos como variáveis de entrada para um modelo agrometeorológico-espectral da região sul/sudoeste de Minas Gerais. Com o mesmo intuito, Santos e Camargo (2006) procuraram modificar e parametrizar um modelo agrometeorológico de estimativa de quebra de produtividade do cafeeiro no estado de São Paulo, uma vez que o original se baseava apenas na penalização em função do déficit hídrico ocorrido em diferentes fases fenológicas. Carvalho et al. (2005), tentou obter um modelo de previsão de produtividade do cafeeiro para alguns municípios de Minas Gerais, considerando 33 variáveis da produção cafeeira.

Já Fahl et al. (2005) desenvolveram um modelo para estimar antecipadamente a produtividade de cafeeiros de diferentes cultivares, idade e sistema de plantio, avaliando quantitativamente as características fenológicas determinantes do crescimento e da produção, permitindo uma avaliação segura e precisa. E Alfonsi (2008), baseando-se na metodologia proposta por Fahl et al. (2005), desenvolveu uma metodologia para estimar a produtividade do cafeeiro sem utilizar a contagem total de frutos na planta, com base no uso de índices fenológicos de produtividade, os quais são determinados a partir de quantificações não destrutivas, em uma secção reduzida da planta, e em diferentes épocas e locais de avaliação.

Assim, com o presente trabalho, objetivou-se avaliar um modelo de estimativa de produção do cafeeiro que tem como base um índice fenológico da cultura observado em sessão reduzida da planta em talhões representativos das lavouras da região de Lavras - MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho foram definidos como locais experimentais quatro fazendas produtoras de café situadas na cidade de Lavras - MG. De comum entre as lavouras utilizadas destaca-se a idade superior a 8 anos e as condições gerais de manejo que evidenciavam um histórico de produtividade entorno de 40 sc ha⁻¹.

O levantamento dos dados fenológicos foi realizado em três diferentes épocas do ano agrícola 2012-2013, na florada (setembro/outubro); na fase “chumbinho” (dezembro/janeiro) e granação (fevereiro/março), de acordo com o modelo de Camargo e Camargo, (2001). Em cada propriedade foi adotado um talhão para a amostragem, selecionado sob a perspectiva de estar em produção e de não haver poda programada para o período de dois anos agrícolas

posteriores ao início da coleta de dados. Nestes estabeleceu-se quatro pontos amostrais. Estes pontos foram compostos de 8 linhas de plantio, agrupadas 2 a 2 (formando uma rua de plantio) e em cada uma das ruas escolhidas tomou-se 5 plantas de cada linha, espaçadas em cerca de 10 metros uma da outra, totalizando 10 plantas por rua e compondo 40 plantas por talhão (propriedade). Em cada planta, foram amostrados ramos plagiotrópicos do terço médio voltados para o centro da rua. No quarto e quinto nó produtivo destes ramos contou-se o número de flores (setembro/outubro), o número de frutos no estágio “chumbinho” (dezembro/janeiro) e os frutos granados (fevereiro/março). Além disso, também foram medidas as alturas de todas as plantas amostradas, considerando a superfície do solo até o meristema apical.

Para testar o modelo de estimativa a partir dos dados observados, foi também necessária a informação da produtividade efetivamente observada.

O índice fenológico de produtividade (IFP) utilizado foi o proposto por Alfonsi (2008), onde se estabelece um modelo representativo de uma área vegetal produtiva (AVP), apresentado na Equação 1, pertencente a um sistema de plantio em renque.

$$AVP = \left(\frac{100}{ESP} \times 100 \right) \times 2 \times ALT \quad (1)$$

AVP é a área vegetal de produção, em m², por hectare;

ESP é o espaçamento entre linhas;

ALT é a altura média das plantas, em metro.

Depois de definido o valor de AVP, obtém-se efetivamente o IFP que é dado pela Equação 2, a seguir:

$$IFP = AVP \times MF45 \quad (2)$$

em que,

IFP corresponde ao índice fenológico de produtividade (nº de frutos * m²);

MF45 é a média de frutos ou flores presentes no 4º e 5º nós produtivos do ramo plagiotrópico, contados a partir do ápice.

Ao obter um valor para IFP alimentou-se o modelo de estimativa proposto por Alfonsi (2008) em regiões produtoras de café do estado de São Paulo a partir de regressões lineares. Os valores de estimativa de produtividade obtidos foram comparados a produtividade observada em cada talhão amostrado.

Os resultados foram avaliados mediante regressão, com base no coeficiente de determinação (R²), o índice de concordância (d) proposto por Willmont et al. (1985) e o índice “C” desenvolvido por Camargo e Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos para estimativa de produtividade, obtidos nas regressões feitas por Alfonsi (2008), para cada fase fenológica da cultura do cafeeiro em lavouras cultivadas na região de Campinas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Modelos matemáticos de estimativa de produtividade de cafeeiros obtidos para lavouras cultivadas na região de Campinas - SP.

Fase Fenológica	Modelo Matemático
Floração	$y=0,000291x + 1,887538$
Chumbinho	$y=0,000375x+2,559138$
Granação	$y=0,000513x+5,701940$

y: produtividade (sacas . ha⁻¹) e x: índice fenológico de produtividade (IFP).

Os índices fenológicos de produtividade (IFP) calculados nos pontos amostrais, para cada fase fenológica estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de IFP nos diferentes pontos amostrais e fases fenológicas.

Ponto Amostral	Índice Fenológico de Produtividade (IFP)		
	Floração	Chumbinho	Granação
1	37678	81744	46032
2	56288	80177	35684
3	24604	58139	40107
4	11076	19474	11197

Ao alimentar os referidos modelos com os índices fenológicos calculados para a região de Lavras - MG, nas diferentes fases fenológicas, obteve-se estimativas de produtividade que foram comparadas com a produtividade observada em cada ponto amostral, conforme indicado nas figuras de 1 a 3.

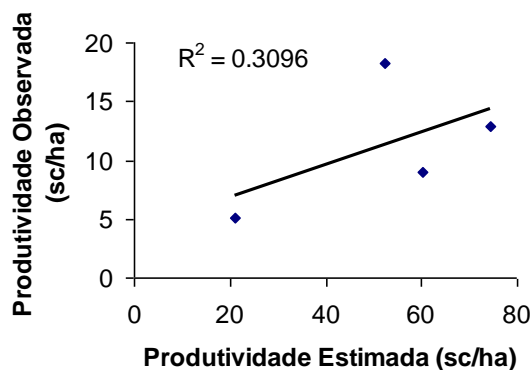


Figura 1. Gráfico comparativo entre produtividade estimada e observada, a partir dos valores de IFP calculados no estágio de floração, nos quatro pontos amostrais.

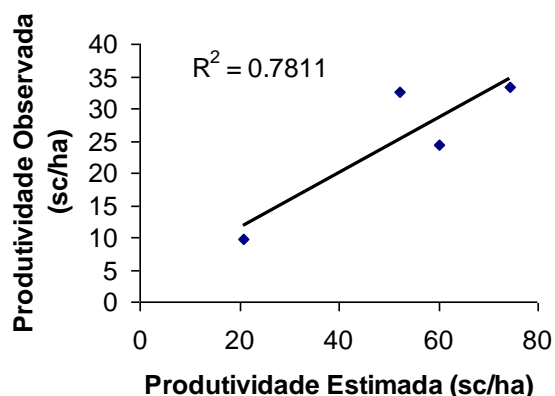


Figura 2. Gráfico comparativo entre produtividade estimada e observada, a partir dos valores de IFP calculados no estágio de chumbinho, nos quatro pontos amostrais.

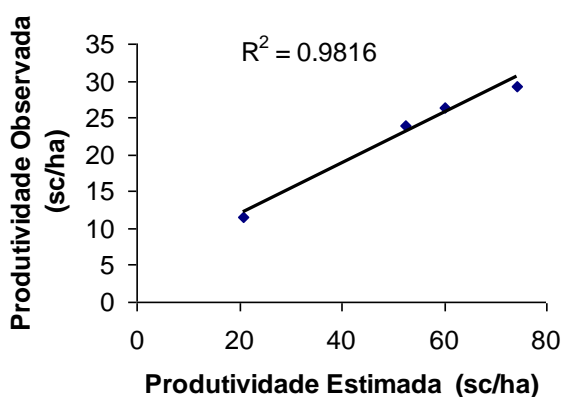


Figura 3. Gráfico comparativo entre produtividade estimada e observada, a partir dos valores de IFP calculados no estágio de granação, nos quatro pontos amostrais.

Excetuando-se o comparativo feito com os dados de floração, nas demais fases fenológicas houve um bom ajuste dos dados de produtividade estimada em relação a observada, com coeficientes de determinação superiores a 78 % e correlação acima de 0,88. A estimativa feita com dados de floração denotou um valor de coeficiente de determinação muito baixo, o que pode ser explicado pelo longo espaço de tempo decorrido entre a coleta dos dados e a colheita, aproximadamente 11 meses, associado a adversidades meteorológicas que podem ter levado ao não vingamento da florada principal.

Alfonsi (2008) encontrou valores do coeficiente de determinação variando de 55 a 69 % ao longo das fases fenológicas analisadas, utilizando para tanto uma base de dados de 10 anos agrícolas.

Apesar do bom ajuste entre produtividade estimada e observada nas fases de chumbinho e granação, nota-se que a produtividade estimada subestimou os valores de produtividade observada em todas as situações analisadas. Tal fato deixa evidente que apesar de os modelos propostos por Alfonsi (2008) para realização da estimativa de produtividade serem capazes de produzir bons resultados e terem boa correlação com a produtividade observada, os mesmos precisam ser ajustados para cada localidade (região) em que se pretender utilizá-lo.

Isso fica demonstrado pelos baixos valores dos coeficientes de exatidão (índice de concordância) observados que foram de 0,33; 0,30 e 0,29 respectivamente para as fases de

floração, chumbinho e granação. Essa distorção dos valores indica a necessidade de adaptação do modelo proposto para a aplicação nas diferentes regiões produtoras.

No entanto, fica destacado que estes modelos são boas iniciativas para estabelecimento de um critério com maior rigor científico para este processo de estimativa de produção de cafeeiros, o que pode levar a substituição de critérios subjetivos.

Acredita-se que com uma base de dados maior e realizando-se os ajustes locais os coeficientes de exatidão podem aumentar consideravelmente.

AGRADECIMENTOS

Ao FNDE e a CAPES pelas bolsas concedidas aos estudantes envolvidos na pesquisa, e à FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido.

CONCLUSÕES

Os modelos matemáticos de estimativa de produtividade do cafeeiro apresentam boa adequabilidade ao processo.

Os valores estimados para a produtividade das lavouras cafeeiras da região de Lavras foram subestimados em todos os casos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, E. L. **Uso de índices fenológicos em modelos de previsão de produtividade do cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 104p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

CAMARGO A. P.; SENTELHAS, P. 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, p. 89-97, 1997.

CARVALHO, L. G.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; ALVES, H. M. R. Aplicação da análise harmônica por séries de Fourier para a previsão de produtividade da cultura do café no estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 732-741, set./dez. 2005.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; ALFONSI, E. L.; CAMARGO, M. B. P. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para estimativa da produtividade do cafeeiro, utilizando as características fenológicas determinantes do crescimento e produção em duas épocas de avaliação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 31., 2005, Guarapari-ES. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA/Fundação Procafé, 2005, p. 339-341.

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, dez. 2010.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington DC, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.