

MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA A PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DE CAFEIROS NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Euler Cipriani Victorino¹, Luiz Gonsaga de Carvalho², Daniel Furtado Ferreira³

(Recebido: 20 de julho de 2015 ; aceito: 08 de dezembro de 2015)

RESUMO: O conhecimento de técnicas eficazes de previsão de safra é de grande importância para o mercado cafeeiro, possibilitando melhor planejamento e tornando a atividade mais sustentável. Objetivou-se, neste trabalho, adaptar um modelo de previsão da produtividade do cafeeiro, baseado na disponibilidade hídrica, para as cidades de Lavras e Varginha, no sul de Minas Gerais. Os modelos foram gerados a partir da regressão linear múltipla da quebra de produtividade (Y_e/Y_p), em função da produtividade do ano anterior (Y_a/Y_p) e do déficit hídrico em diferentes fases fenológicas (ETR/ETP). Durante as parametrizações, foram obtidos os coeficientes de resposta ao déficit hídrico (K_y) e o coeficiente relativo à produção do ano anterior (K_{y_0}). Através da seleção backward, foram obtidos modelos que apresentassem apenas coeficientes significativos. Nesse processo, os modelos apresentaram grande sensibilidade ao período mais chuvoso (novembro a abril) e variáveis referentes a períodos importantes, como o de florescimento, não apresentaram significância. Foi concluído que os modelos apresentam bom potencial para a previsão de safras de cafeeiro. Nestes, a produtividade do ano anterior deve ser considerada e a sequência fenológica que apresentou melhor desempenho foi Set./Out., Nov./Dez., Jan./Fev., Mar./Abr.

Termos para indexação: Cafeeiro, déficit hídrico, seleção backward.

AGROMETEOROLOGICAL MODELING FOR COFFEE PRODUCTIVITY FORECAST IN THE SOUTH REGION OF MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: Knowledge of effective crop forecasting techniques is of great importance for the coffee market, enabling better planning and making more sustainable this activity. This study aimed to adapt a predictive model of coffee yield, based on water availability, to the cities of Lavras and Varginha, in southern Minas Gerais, Brazil. The models were generated from multiple linear regression of productivity loss (Y_e/Y_p) as a function of the previous year productivity (Y_a/Y_p) and water deficit in the different phenological phases, represented by relative evapotranspiration (ETR/ETP). During the parameterization, the water deficit response coefficients (K_y) and the previous year production coefficient (K_{y_0}) were obtained. By the backward selection methodology, were obtained models that presented only significant coefficients. In this process, in general, the models were highly sensitive to the rainy season (November to April), and variables related to important periods such as flowering were not significant. It was concluded that the models have good potential for coffee crop forecasting. In these, previous year's yield should be considered and the phenological sequence with best performance was Sep./Oct., Nov./Dec., Jan./Feb., Sep./Apr.

Index terms: Coffee, water deficit, backward selection.

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos agrícolas do mundo, tendo grande influência sobre o mercado internacional e brasileiro. No âmbito mundial, representa o segundo maior gerador de divisas, ficando atrás apenas do petróleo (Kobayashi, 2007; Matta; Ramalho, 2006). O Brasil tem papel importante nesse mercado, contribuindo com cerca de um terço da produção mundial e ocupando o segundo lugar entre os consumidores do produto, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor nacional (Souza et al., 2012).

Entretanto, a falta de métodos científicos, comprovadamente eficazes, para estimativa da produtividade do cafeeiro propicia o levantamento de especulações que influenciam diretamente o preço do café no mercado, afetando

negativamente a cadeia produtiva do agronegócio (Miranda; Reinato; Silva, 2014). Assim, a estimativa antecipada da produção cafeeira das diversas regiões produtoras é essencial para o estabelecimento da política cafeeira do País, servindo tanto a produtores, apoiando o planejamento de suas atividades agrícolas e garantindo assim uma melhor estabilidade, como ao governo na forma de ferramenta estratégica na orientação em ações referentes ao mercado interno e externo (Nunes et al., 2010).

Atualmente, as estimativas oficiais, da safra cafeeira, são realizadas pela CONAB em parceria com instituições como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER), além de consultas a técnicos e escritórios do IBGE através da aplicação de questionários em entrevistas realizadas junto a agentes do setor, previamente selecionados.

¹Banco do Brasil S/A -Rua Benedito Quintino 397 - Centro - 35830-000 - Jaboticatubas -MG - eulercipriani@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG lgonsaga@deg.ufla.br

³Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG danielff@dex.ufla.br

De posse desses dados são realizadas então análises estatísticas, que resultam nas estimativas (previsões) de safra para os Estados. Contudo, essas estimativas ainda são realizadas com base em informações que merecem aperfeiçoamento, pois advém principalmente da opinião de agentes do setor, não permitindo assim a apuração dos erros envolvidos. Diante disso, diversos trabalhos têm buscado o desenvolvimento de metodologias que possam suprir essa demanda do setor.

Dentre as metodologias empregadas, destacam-se os modelos agrometeorológicos, os quais são alimentados principalmente por informações climáticas, correlacionando-as com a produtividade. Porém, esses modelos ainda apresentam limitações quanto à aplicação, devido à complexidade da interação entre os elementos climáticos (Carvalho, 2003).

A parametrização de um modelo de previsão para o cafeeiro é dificultada ainda pelo grande número de variáveis que podem afetar a produtividade, tais como: variedade cultivada, sistema de plantio, idade da lavoura, tipo e fertilidade do solo, incidência de pragas e doenças e sistema de manejo. Além disso, a característica de bienalidade de produção do cafeeiro e a falta de um mapa temático com a distribuição espacial da área cultivada aumentam ainda mais a complexidade da estimativa da produtividade do café em grandes áreas territoriais, por meio desses modelos (Santos; Camargo, 2006).

O bom desempenho da atividade cafeeira está ligado ao monitoramento das condições climáticas durante todo o ciclo da cultura, e o principal fator meteorológico a afetar a produtividade do cafeeiro é a disponibilidade hídrica (Picini et al., 1999; Volpato et al., 2013). A estimativa de safras a partir de modelos agrometeorológicos, permite identificar o estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura e analisar seu impacto na produtividade (ROSA et al., 2010). Doorenbos e Kassam (1979) apresentam um modelo de previsão baseados no déficit hídrico durante o ciclo produtivo para diversas culturas, e tem sido usado como base em diversos trabalhos em culturas como cana, milho, sorgo, laranja e café (ASSAD et al., 2007; MARTIN et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2011).

Os elementos climáticos, individualmente, explicam a maior parte da variabilidade da produção do cafeeiro, em comparação a fatores edáficos e biológicos (Camargo, 2010). Elementos como temperatura, umidade, vento, radiação solar e as relações hídricas têm grande influência sobre as fases fenológicas do cafeeiro, porém

as interações entre esses elementos não são completamente conhecidas (Oliveira, 2003).

Portanto, verifica-se viabilidade de uso de modelo de penalização hídrica para estudo da produtividade de cafeeiro, e o presente trabalho propõe uma abordagem agrometeorológica na estimativa de variáveis produtivas da referida cultura para condições hidroclimáticas da região Sul do estado de Minas Gerais. O objetivo foi adaptar e parametrizar um modelo agrometeorológico de estimativa da produtividade, com enfoque na penalização em função da deficiência hídrica, durante as diferentes fases fenológicas do cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos junto às instituições de extensão e pesquisa de Minas Gerais, cooperativas de cafeicultores nos municípios de Lavras e Varginha. Foram obtidos ao menos três talhões representativos de cada município para a parametrização dos modelos e concomitante a esses, foram obtidas produtividades de outros talhões das mesmas lavouras, para os testes do desempenho dos modelos, em sua capacidade preditiva de safras cafeeiras. Os dados de produtividades consistiram em séries anuais de produtividades (sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare).

Juntamente aos dados de produtividades cafeeiras foram levantados dados de elementos climáticos, concomitantes às séries anuais de produtividades, de estações meteorológicas instaladas próximas às lavouras para o cálculo dos balanços hídricos climatológicos (BHC) e, posteriormente, dos penalizadores hídricos aplicados nos modelos. Esse foi realizado com base na metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), amplamente empregada em trabalhos semelhantes. A capacidade de água disponível no solo (CAD), adotada para o cálculo foi de 100 mm, sendo essa considerada como média para a maioria dos solos cultivados com cafeeiros, no estado em Minas Gerais e já utilizada em diversos trabalhos (Camargo; Pereira, 1994; Carvalho, 2003; Picini et al., 1999).

O modelo escolhido foi o de Stewart, Hagan e Pruitt (1976), modificado por Picini et al. (1999), que pode ser decomposto da seguinte forma:

$$\frac{Ye}{Yp} = ky_0 \left(\frac{Ya}{Yp} \right) + \sum_{i=1}^n ky_i \left(\frac{ETR}{ETP} \right)_i$$

Em que, Ye é a produtividade observada (kg

de café beneficiado.ha⁻¹), Y_a a produtividade do ano anterior (kg de café beneficiado.ha⁻¹), Y_p a produtividade potencial (kg de café beneficiado.ha⁻¹) ETR/ETP a evapotranspiração relativa, K_{y_0} o coeficiente de resposta à produtividade do ano anterior, K_{y_i} o coeficiente de resposta (sensibilidade) ao estresse hídrico, nas diferentes fases fenológicas consideradas.

A produtividade potencial pode ser entendida como aquela que seria obtida em condições ótimas de cultivo e ambientais, permitindo que a planta se desenvolva plenamente. A exemplo de Carvalho (2003) e Picini et al. (1999), as produtividades potenciais foram consideradas acrescentando-se 10% ao maior valor das séries de produtividade.

As sequências fenológicas, exibidas no Quadro 1, foram definidas com base no ciclo fenológico, e em sequências previamente testadas em trabalhos que seguiram a mesma linha de pesquisa (CARVALHO, 2003; PICINI et al., 1999; SANTOS; CAMARGO, 2006). Foram testadas sete sequências bimestrais (B1, B2, B3,

B4, B5, B6 e B7) e cinco trimestrais (T1, T2, T3, T4 e T5), sendo que, para cada sequência, foram obtidos os respectivos coeficientes de resposta ao déficit hídrico (K_{y_i}) e coeficientes de resposta à produtividade do ano anterior (K_{y_0})

O desempenho dos modelos foram avaliados com dados de produtividades observados de talhões das lavouras cafeeiras de cada município, diferentes dos utilizados na parametrização (validação cruzada), porém em condições tecnológicas semelhantes àquelas utilizadas para a obtenção dos modelos. Para a validação cruzada dos modelos, foram comparadas as produtividades estimadas e observadas, adotando-se indicadores estatísticos de performance de modelos lineares, tais como o coeficiente de determinação (R^2), índice “d” de concordância. Associando os coeficientes de correlação “r” com o de concordância “d”, Camargo e Sentelhas (1997) desenvolveram o índice “C”, sendo $C = r * d$. Esse índice reflete o desempenho do modelo (Tabela 1), sendo também aplicado neste estudo.

QUADRO 1 - Sequências fenológicas bimestrais (B1 a B7) e trimestrais (T1 a T5) consideradas nas parametrizações dos modelos agrometeorológicos, sendo K_{y_i} os coeficientes de resposta ao déficit hídrico.

	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
B1	Ky1		Ky2		Ky3		Ky4		Ky5			
B2		Ky1		Ky2		Ky3		Ky4		Ky5		
B3			Ky1		Ky2		Ky3		Ky4		Ky5	
B4	Ky1		Ky2		Ky3		Ky4					
B5		Ky1		Ky2		Ky3		Ky4				
B6			Ky1		Ky2		Ky3		Ky4			
B7				Ky1		Ky2		Ky3		Ky4		
T1	Ky1			Ky2			Ky3			Ky4		
T2	Ky1			Ky2			Ky3					
T3		Ky1		Ky2			Ky3					
T4			Ky1			Ky2			Ky3			
T5				Ky1			Ky2			Ky3		

TABELA 1 - Coeficientes de desempenho “C” conforme Camargo e Sentelhas (1997).

Valor “C”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Regular
0,41 a 0,50	Ruim
< 0,40	Péssimo

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as sequências consideradas, tanto para Lavras como para Varginha, todas as variáveis estudadas foram, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t, individualmente significativas em relação à estimativa da produtividade. Isso indica que todas as variáveis analisadas são de alguma forma importantes para o modelo estudado.

Nas Tabelas 2 e 3, são apresentados os resultados estatísticos resumidos das regressões lineares múltiplas, com os coeficientes parametrizados após a eliminação, por meio da seleção *backward*, daqueles não significativos estatisticamente para as diferentes sequências fenológicas testadas. Em relação ao R^2 e R^2 ajustado, observa-se que os resultados foram satisfatórios, atingindo valores superiores a 0,82 e 0,76 respectivamente, tanto para Lavras, como para Varginha. Em termos práticos, as diferenças entre os modelos são muito pequenas.

Observando as Tabelas 2 e 3, percebe-se que, em geral, o número de variáveis dos modelos foi reduzido a apenas duas para Lavras e três para Varginha. A sequência B2 foi desconsiderada, devido aos valores assumidos pelos coeficientes extrapolarem limites confiáveis. Como todos os coeficientes foram significativos, individualmente, durante a regressão linear simples, a redução no número de variáveis indica uma redundância entre as mesmas. Isso não descarta a importância das variáveis removidas para o processo, mas indica que essas se tornaram insignificantes na presença das outras. Como consequência da redução do número de variáveis, alguns modelos se tornaram idênticos ou muito parecidos já que,

para alguns deles, os períodos considerados foram semelhantes.

Os coeficientes relativos à produtividade do ano anterior (Ky_0) foram significativos, estatisticamente, a nível de 10% de probabilidade em grande parte das sequências consideradas, confirmando a importância dessa variável para o desenvolvimento de modelos de previsão de produtividade de cafeeiro. Em todos os casos, foram obtidos valores negativos para Ky_0 , o que já era esperado, uma vez que um valor negativo para esse coeficiente penaliza mais acentuadamente a produtividade, quanto maior tenha sido a produção no ano anterior.

Com relação aos coeficientes referentes ao déficit hídrico (Ky_i), nota-se que, para Lavras, as variáveis significativas se concentraram, em geral, nos períodos entre dezembro e abril, o que corresponde à fase de chumbinho até o início da maturação dos frutos. O suprimento hídrico inadequado nessa época pode ocasionar má formação do endosperma (chochamento dos frutos). Essa maior sensibilidade nesse período, coincide com os resultados apresentados por Carvalho (2003), para São Sebastião do Paraíso e por Picini et al. (1999) para Campinas e pode ser considerado um reflexo da influência do alto índice pluviométrico, principalmente durante os meses de janeiro e fevereiro, no cálculo das médias de ET_r/ET_p . Alguns modelos apresentaram coeficientes negativos em meses como novembro, dezembro, janeiro e fevereiro (fases de chumbinho, expansão e granação dos frutos), apesar da seca nessa fase prejudicar a produtividade final do cafeeiro (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

TABELA 2 - Coeficientes de regressão e respectivos parâmetros estatísticos dos modelos de regressão linear múltipla, para o município de Lavras, MG.

	B1		B2		B3		B4	
R ²	0,92		0,94		0,94		0,89	
R ² Aj.	0,84		0,82		0,83		0,81	
	Coef.	Valor p**	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY ₀	-	-	-	-	-	-	-0,47	0,06
Ky ₁	-	-	79,38	0,01	1,68	0,04	-	-
Ky ₂	-	-	108,74	0,01	-	-	-	-
Ky ₃	-2,36	0,02	303,62	0,01	-4,38	0,01	-	-
Ky ₄	-	-	-623,12	0,01	2,84	0,01	0,88	0,00
KY ₅	3,19	0,01	176,94	0,01	1,37	0,07		
	B5		B6		B7		T1	
R ²	0,90		0,92		0,90		0,90	
R ² Aj.	0,81		0,84		0,81		0,81	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY ₀	-0,46	0,06	-	-	-0,46	0,06	-0,46	0,06
Ky ₁	-	-	-	-	-	-	-	-
Ky ₂	-	-	-2,36	0,02	-	-	-	-
Ky ₃	-	-	-	-	0,89	0,00	0,87	-
Ky ₄	0,89	0,00	3,19	0,01	-	-	-	0,00
	T2		T3		T4		T5	
R ²	0,90		0,91		0,94		0,90	
R ² Aj.	0,81		0,83		0,84		0,81	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY ₀	-0,46	0,06	-	-	-	-	-0,46	0,06
Ky ₁	-	-	-	-	2,12	0,01	-	-
Ky ₂	-	-	-3,64	0,03	-4,94	0,00	0,87	0,00
Ky ₃	0,87	0,00	4,59	0,02	4,36	0,00	-	-

* para valor-p menor que 0,1 a variável é significativa, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste t.

Esse resultado pode ser um reflexo do tamanho reduzido da série histórica considerada, resultando em pouca variabilidade do parâmetro de entrada ETR/ETP, consequentemente prejudicando a estimativa dos coeficientes. Resultados semelhantes nesse sentido foram relatados por Carvalho (2003), para o município de Alfenas, MG.

No caso de Varginha, as variáveis significativas se concentraram nos períodos entre novembro e abril, semelhante ao observado para Lavras. Isso reforça a sensibilidade do modelo a esse período mais chuvoso.

Para algumas sequências (B1, B3, B6 e T4), as variáveis referentes ao período de setembro a novembro (fase da florada) também foi significativa. Esse resultado reflete a importância em termos de disponibilidade hídrica desse período, correspondente à fase de florada para o cafeeiro, porém os coeficientes parametrizados assumiram valores negativos. Isso pode ser resultado da correlação entre as variáveis, uma vez que esse período é considerado como uma fase de grande demanda hídrica pelo cafeeiro e coeficientes negativos penalizariam a ausência de déficit hídrico nesse período (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

TABELA 3 - Coeficientes de regressão e respectivos parâmetros estatísticos dos modelos de regressão linear múltipla, para o município de Varginha, MG.

	B1		B2		B3		B4	
R ²	0,892		0,859		0,892		0,849	
R ² Aj.	0,834		0,798		0,834		0,787	
	Coef.	Valor p*						
KY ₀	-	-	-0,61	0,00	-	-	-0,54	0,01
Ky ₁	-	-	-	-	-0,75	0,00	0,40	0,07
Ky ₂	-0,75	0,00	-	-	7,97	0,00	-	-
Ky ₃	7,97	0,00	-	-	-	-	-	-
Ky ₄	-	-	1,59	0,00	-7,04	0,00	0,44	0,01
KY ₅	-7,04	0,00	-0,95	0,03	-	-	-	-
	B5		B6		B7		T1	
R ²	0,842		0,892		0,859		0,856	
R ² Aj.	0,780		0,834		0,798		0,795	
	Coef.	Valor p*						
KY ₀	-0,76	0,00	-	-	-0,61	0,00	-0,61	0,00
Ky ₁	-	-	-0,75	0,00	-	-	-	-
Ky ₂	-	-	7,97	0,00	-	-	-	-
Ky ₃	-4,37	0,12	-	-	1,59	0,00	1,47	0,00
Ky ₄	5,16	0,08	-7,04	0,00	-0,95	0,03	-0,84	0,03
	T2		T3		T4		T5	
R ²	0,821		0,816		0,889		0,856	
R ² Aj.	0,767		0,762		0,823		0,795	
	Coef.	Valor p*						
KY ₀	-0,62	0,00	-0,60	0,00	-0,35	0,07	-0,61	0,00
Ky ₁	-	-	-	-	-1,01	0,03	-	-
Ky ₂	-	-	0,69	0,00	4,08	0,00	1,47	0,00
Ky ₃	0,70	0,00	-	-	-2,73	0,00	-0,84	0,03

* para valor-p menor que 0,1 a variável é significativa, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste t.

Para a validação dos modelos, foram utilizados os talhões “Bela Vista” e “Lado Esquerdo” da Fazenda Bela Vista (Lavras) e os talhões “Maçaranduba” e “Mangueira”, da Fazenda Córrego da Onça (Varginha). As Figuras 1 e 2, ilustram graficamente o desempenho das produtividades estimadas pelos modelos, em comparação às observadas. Os modelos acompanharam bem as oscilações de produtividade características do ciclo bienal do cafeeiro e que tenderam a superestimar as produtividades para Lavras e subestimá-las para Varginha.

De acordo com a classificação pelo índice C, proposto por Camargo e Sentelhas (1997),

representada nas Tabela 4 e 5, para Lavras as sequências B1 e B6 apresentaram desempenho “Ótimo” e para Varginha as sequências B1, B3 e B6 apresentaram desempenho “Muito bom”. Porém, a inclusão de bimestres de pouca demanda hídrica por parte do cafeeiro nessas sequências (julho/agosto em B1 e maio/junho em B3) parece ter gerado pouca influência sobre o modelo, uma vez que essas variáveis foram removidas após a parametrização. Assim, a divisão do ano agrícola nos bimestres set/out, nov/dez, jan/fev e mar/abr (sequência B6) foi a mais indicada na parametrização dos modelos agrometeorológicos.

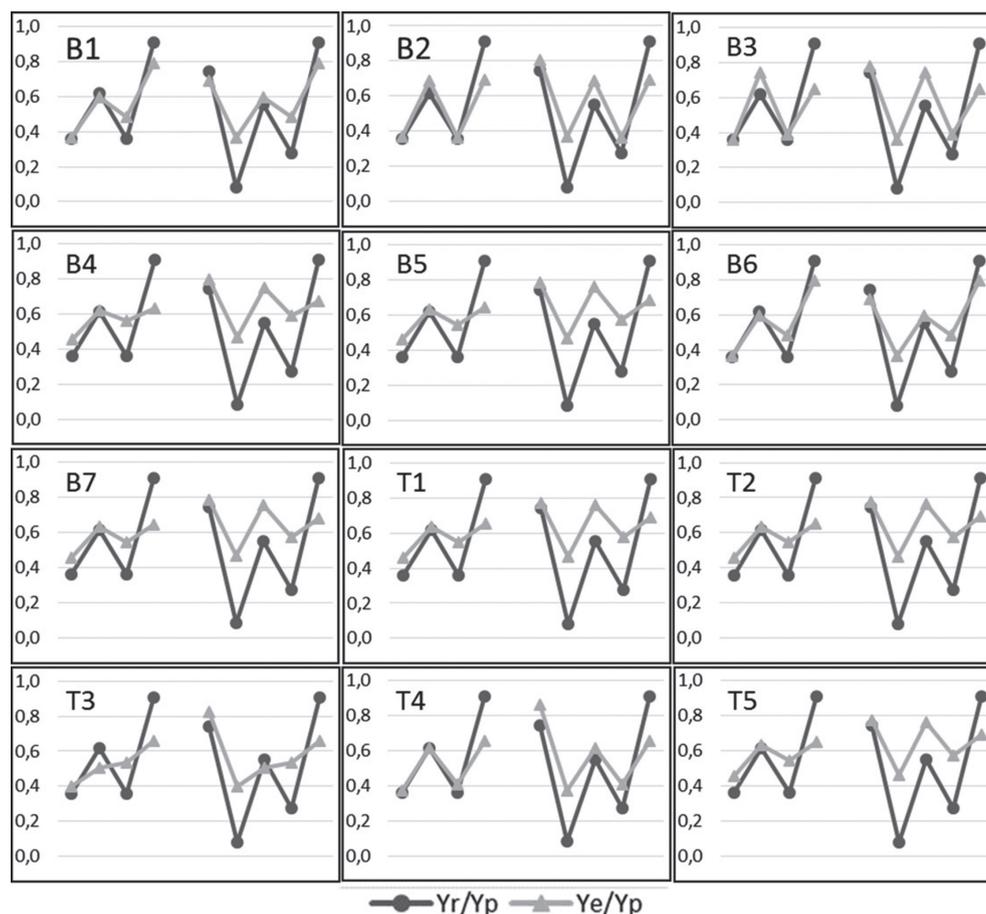


FIGURA 1 - Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo agrometeorológico, para cada sequência fenológica considerada, para as condições de Lavras, MG.

TABELA 4 - Coeficientes de correlação (R), índices de concordância (d), coeficiente de desempenho (C) e classificação do desempenho dos modelos agrometeorológicos, testados para Lavras, MG.

Seq.	Parâmetros			Desempenho
	d	R	C	
B1	0,90	0,96	0,86	Ótimo
B2	0,87	0,86	0,75	Bom
B3	0,82	0,78	0,64	Mediano
B4	0,63	0,67	0,42	Ruim
B5	0,65	0,72	0,46	Ruim
B6	0,90	0,96	0,86	Ótimo
B7	0,65	0,72	0,46	Ruim
T1	0,66	0,74	0,48	Ruim
T2	0,66	0,74	0,48	Ruim
T3	0,73	0,75	0,55	Regular
T4	0,84	0,82	0,69	Bom
T5	0,66	0,74	0,48	Ruim

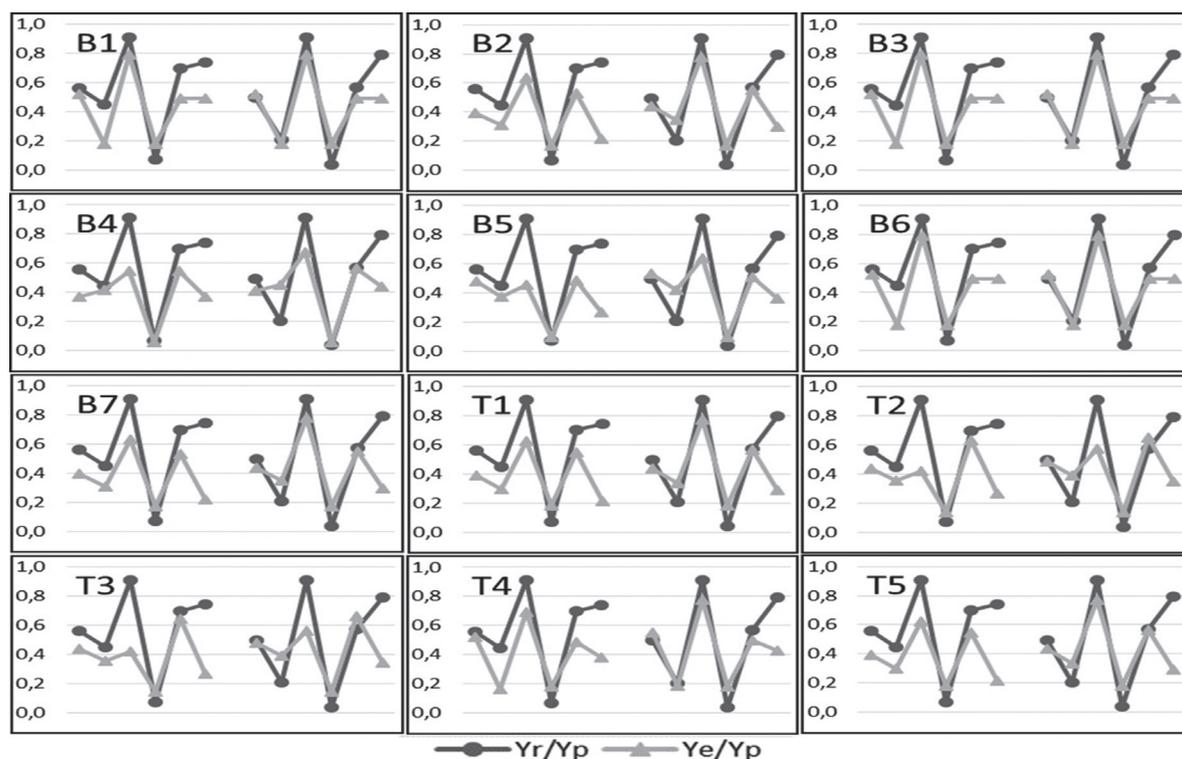


FIGURA 2 - Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo agrometeorológico, para cada sequência fenológica considerada, para as condições de Varginha, MG.

TABELA 5 - Coeficientes de correlação (R), índices de concordância (d), coeficiente de desempenho (C) e classificação do desempenho dos modelos agrometeorológicos, testados para Lavras, MG.

Seq.	Parâmetros			
	d	R	C	Desempenho
B1	0,89	0,89	0,79	Muito Bom
B2	0,75	0,69	0,52	Regular
B3	0,89	0,89	0,79	Muito Bom
B4	0,80	0,81	0,65	Mediano
B5	0,72	0,68	0,49	Ruim
B6	0,89	0,89	0,79	Muito Bom
B7	0,75	0,69	0,52	Regular
T1	0,75	0,68	0,50	Ruim
T2	0,69	0,60	0,41	Ruim
T3	0,69	0,58	0,40	Péssimo
T4	0,84	0,83	0,69	Bom
T5	0,75	0,68	0,50	Ruim

Em síntese, a parametrização de modelos agrometeorológicos de previsão, baseados na demanda hídrica, apresentam bom potencial para estudos mais aprofundados, porém, como já citado por Carvalho (2003), a modelagem por meio dessa metodologia deve-se aplicar melhor a dados experimentais, em que as condições de cultivo possam ser controladas, reduzindo-se a influência de outras fontes de variação, além de possibilitar um acompanhamento mais preciso da incidência de chuvas sobre a lavoura e a obtenção de séries históricas mais longas e confiáveis.

4 CONCLUSÕES

Os modelos apresentam bom potencial na previsão da produtividade do cafeeiro, em nível de talhão, nas condições do Sul de Minas Gerais. A produção do ano anterior deve ser considerada no desenvolvimento dos modelos. As sequências compreendendo os bimestres de setembro/outubro, novembro/dezembro, janeiro/fevereiro e março/abril são as mais adequadas na parametrização do modelo.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo 306204/2012-6;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) - Processo CAG-APQ 01670/13.

6 REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D. et al. Forecast system of soybean crop yield for Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 615-625, maio 2007.
- CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 92 p. (CAGM Report, 58).
- CAMARGO, A. 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.
- CAMARGO, M. B. P. D. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 239-247, 2010.
- CARVALHO, L. G. **Modelos prognósticos de produtividade da cultura do café no Estado de Minas Gerais**. 2003. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 197 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- KOBAYASHI, E. S. **Consumo de água e produtividade de cafeeiros arábica na região de Mococa, SP**. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico, Campinas, 2007.
- MARTIN, T. N. et al. Modified crop model estimation of depleted and potential soybean yield. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 369-378, 2012.
- MATTA, F. M. D.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 18, p. 55-81, 2006.
- MIRANDA, J. M.; REINATO, R. A. O.; SILVA, A. B. D. Modelo matemático para previsão da produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 353-361, 2014.
- NUNES, F. L. et al. Modelos agrometeorológicos de estimativa da duração do estágio floração-maturação para três cultivares de café arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1011-1018, 2010.
- OLIVEIRA, L. A. M. **Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (Coffea arabica L.) irrigado em diferentes épocas do ano**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar para as principais regiões produtoras de Minas Gerais usando o método ZAE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 549-557, 2012.
- PEREIRA, A. R.; CAMARGO, Â. P. D.; CAMARGO, M. B. P. D. **Agrometeorologia de cafezais no Brasil**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008.

- PICINI, A. G. et al. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 157-170, 1999.
- ROSA, V. G. C. D. et al. Coffee crop yield estimate using an agrometeorological-spectral model. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1478-1488, dez. 2010.
- SANTOS, M. A. D.; CAMARGO, M. B. P. D. Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade do cafeeiro nas condições do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 173-183, 2006.
- SILVA, S. D. A.; LIMA, J. S. D. S.; OLIVEIRA, R. B. D. Modelo agrometeorológico na estimativa da produtividade de duas variedades de café arábica considerando a variabilidade espacial. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2011.
- SOUZA, V. C. O. D. et al. Espacialização e dinâmica da cafeicultura mineira entre 1990 e 2008, utilizando técnicas de geoprocessamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 122-134, 2012.
- STEWART, J. I.; HAGAN, R. M.; PRUITT, W. O. **Water production functions and predicted irrigation programs for principle crops as required for water resources planning and increased water use efficiency**. Davis: Water Science and Engineering Section, Department of Land, Air and Water Resources, University of California, 1976.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.
- VOLPATO, M. M. L. et al. Imagens do sensor Modis para monitoramento agrometeorológico de áreas cafeeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 176-182, 2013.