

MODELAGEM DO DIÂMETRO DE COPA DO CAFEIEIRO PODADO CULTIVADO EM DIFERENTES DENSIDADES E REGIMES HÍDRICOS

Adrielle Aparecida Pereira¹, Augusto Ramalho de Moraes², Myriane Stella Scalco³,
Tales Jesus Fernandes⁴

(Recebido: 05 de fevereiro de 2016; aceito: 03 de junho de 2016)

Resumo: O objetivo neste trabalho foi descrever e analisar, por meio dos modelos Brody e Logístico, a evolução do diâmetro de copa de plantas do cafeeiro, cultivadas em duas densidades de plantio e submetidas a cinco regimes de irrigação, após a poda por esqueletamento e decote. Os dados analisados são provenientes de experimento realizado na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais. Após a poda da lavoura, os dados foram coletados trimestralmente no período que compreendeu fevereiro de 2008 a novembro de 2010, totalizando 12 medições. Com base no coeficiente de determinação e critério de informação de Akaike corrigido, o modelo não linear Logístico destacou-se como mais eficiente na descrição do diâmetro de copa do cafeeiro podado. Em todos os regimes de irrigação estudados o adensamento não afetou negativamente o crescimento das plantas. As maiores estimativas para o diâmetro de copa assintótico e índice de crescimento foram obtidas com os regimes irrigados, indicando que a irrigação pode contribuir para a plena recuperação da lavoura podadas.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, característica vegetativa, irrigação, adensamento, regressão não linear.

MODELING OF THE DIAMETER OF THE CANOPY PRUNED COFFEE TREE CULTIVATED IN DIFFERENT DENSITIES AND WATER REGIMES

ABSTRACT: The objective of authors was to describe and analyze, by means of the Brody and Logistics models, the evolution of the diameter of the canopy of coffee plants, cultivated in two planting densities and submitted to five irrigation regimes, after pruning. The analyzed data are originated from an experiment performed at the Universidade Federal de Lavras, in Lavras, Minas Gerais. After pruning the crop, the data were collected quarterly during the period that comprised February of 2008 to November of 2010, totalizing 12 measurements. Based on the coefficient of determination and corrected Akaike information criterion, the Logistic non-linear model was more efficient in describing the growth of the pruned coffee tree. In all studied irrigation systems, the increase in plantation density did not affect plant growth negatively. The highest estimations for asymptotic canopy diameter and growth index were obtained with the irrigated systems, showing that irrigation can contribute for the full recovery of pruned crops.

Index terms: *Coffea arabica*, vegetative characteristic, irrigation, spacing of planting, nonlinear regression.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil mantém sua posição de maior produtor e exportador de café do mundo, além de ser o segundo maior consumidor. Em 2014, o parque cafeeiro foi estimado em 2,256 milhões de hectares e a safra ultrapassou 45,3 milhões de sacas de café beneficiado, sendo Minas Gerais responsável por mais de 50% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015).

Maior produtividade, melhor desenvolvimento vegetativo e bebida de melhor qualidade são atributos que têm sido avaliados nas pesquisas com lavouras cafeeiras irrigadas (ASSIS et al., 2014; CARVALHO et al., 2006; GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007; PEREIRA et al., 2014; SILVA et al., 2011).

Rodrigues et al. (2010) avaliaram o

crescimento vegetativo do cafeeiro, submetido a diferentes lâminas de irrigação, 0, 50 e 100% da capacidade de campo, no município de Rolim de Moura-RO. Mesmo sendo uma região considerada inapta para o cultivo do café arábica, os autores verificaram que o desenvolvimento em altura, diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos foi influenciado pela irrigação, apresentando aumentos significativos em relação ao tratamento não irrigado.

Em Lavras-MG, Arantes et al. (2006) analisaram o crescimento vegetativo do cafeeiro recepado em função das lâminas d'água, 0, 40, 80 e 120% do saldo positivo do balanço entre evaporação do Tanque classe A e precipitação. Dentre outros resultados, foi verificado que a lâmina de 120% proporcionou à altura de plantas e ao diâmetro de copa, ganhos de 23 e 15%, respectivamente, em relação ao tratamento não irrigado.

^{1,2,4} Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Estatística/DES -Cx. P. 3037- 37.2000-000 - Lavras - MG adrieleapvga@yahoo.com.br, armorais@des.ufla.br, talesest@yahoo.com.br

³ Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG -Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG - msscalco@deg.ufla.br

Ao avaliarem a evolução de características vegetativas do cafeeiro, cultivar Mundo Novo IAC 376-4, após a poda por esqueletamento e decote, considerando o efeito de seis supressões de irrigação, Custódio et al. (2013) verificaram que, o cafeeiro não irrigado apresentou menor crescimento em diâmetro de copa.

A densidade de plantio utilizada é outro fator que pode afetar tanto o desenvolvimento vegetativo quanto a produção das plantas (PEREIRA et al., 2011).

Os sistemas adensados, que consistem no plantio de mais de 5000 plantas por hectare (plantas ha⁻¹), têm sido empregados visando, principalmente, a otimização das áreas cultivadas e aumento da produtividade (ARANTES et al., 2006; NASCIMENTO; SPEHAR; SANDRI, 2014).

Paulo, Furlani Júnior e Fazuoli (2005) analisaram o crescimento das cultivares Catuaí Amarelo IAC 47 e Obatã IAC 1669-20 cultivadas nas densidades de plantio 2500, 5000, 7519 e 10000 plantas ha⁻¹, em Adamantina-SP. Dentre os resultados, eles verificaram que, o aumento da densidade influenciou positivamente a altura de plantas e negativamente o diâmetro de caule e de copa.

Na literatura, encontram-se vários trabalhos que analisam separadamente o crescimento em diferentes densidades e regimes de irrigação, como os citados acima. Entretanto, segundo Carvalho et al. (2006), ao fazer uso da irrigação, deve-se considerar que as necessidades hídricas das plantas estão diretamente relacionadas com a densidade de plantio utilizada. Assim, destaca-se a importância de pesquisas que visam analisar conjuntamente o efeito de diferentes regimes de irrigação e densidades de plantio no crescimento do cafeeiro.

A descrição e a análise do crescimento de plantas ao longo do tempo têm sido realizadas por meio dos modelos de regressão não lineares; uma vantagem desses modelos é que seus parâmetros apresentam interpretação biológica (BATISTA et al., 2013; ESPIGOLAN et al., 2013; FERNANDES et al., 2014; MAIA et al., 2009; TERRA; MUNIZ; SAVIAN, 2010), contribuindo para o melhor conhecimento sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura em estudo (PEREIRA et al., 2014).

Carvalho et al. (2006) utilizaram o modelo de regressão não linear Logístico para descrever o crescimento em altura e diâmetro de copa de

plantas do cafeeiro cultivadas nas densidades 2500 e 10000 plantas ha⁻¹ e submetidas aos regimes não irrigado e irrigado em tensões próximas de 20 e 100 kPa, ao longo do desenvolvimento inicial da lavoura (de 0 à 990 dias após o plantio). Foi verificado que as plantas irrigadas apresentaram maior altura e diâmetro de copa em relação às não irrigadas, e que para o período de avaliação estudado o diâmetro de copa não apresentou diferenças significativas entre as densidades de plantio.

Pereira et al. (2014) verificaram que o modelo não linear Gompertz descreveu satisfatoriamente o crescimento em altura de plantas do cafeeiro, cultivadas nas densidades 3333 e 10000 plantas ha⁻¹, não irrigadas e irrigadas em tensões próximas de 20 e 60 kPa. Dentre os resultados foi verificado que as plantas mais altas ocorreram na maior densidade e nos regimes irrigados.

O objetivo neste trabalho foi descrever e analisar, por meio dos modelos Brody e Logístico, a evolução do diâmetro de copa de cafeeiros cultivados em duas densidades de plantio e submetidas a cinco regimes de irrigação, após a poda por esqueletamento e decote.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados referentes ao diâmetro de copa do cafeeiro, cultivar Rubi MG 1192, correspondem aos resultados de experimento realizado na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais.

O plantio da lavoura foi realizado em janeiro de 2001, após a área ter recebido o preparo adequado. Durante a condução do experimento, os tratos culturais e o controle fitossanitário foram executados seguindo as recomendações para a cultura. As aplicações de adubos e a calagem foram feitas de acordo com a análise de solo e, os micronutrientes foram fornecidos por meio da adubação foliar.

Foram consideradas duas densidades de plantio, 5000 e 10000 plantas ha⁻¹, e cinco regimes de irrigação: 0 (testemunha), irrigações em tensões próximas a 20 e 60 kPa durante o ano todo, irrigações em tensões próximas a 20 e 60 kPa com suspensão/repouso nos meses de julho e agosto (kPaR).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. O experimento foi conduzido em duas áreas contíguas, nas quais foram alocadas as densidades de plantio. Cada

uma dessas áreas foi repartida em quatro porções, as quais constituíram os blocos. Dentro de cada bloco foram sorteados os regimes de irrigação, e as épocas de avaliação (dias após a poda) constituíram as subparcelas no tempo.

O sistema de irrigação por gotejamento foi instalado considerando uma linha lateral de gotejadores autocompensantes, com vazão de 3,75 L h⁻¹, espaçados de 0,4 m na linha, formando uma faixa molhada contínua ao longo da linha de plantio. As irrigações ocorreram quando o tensiômetro, na profundidade de 25 cm, registrou no tensiômetro a leitura de tensão correspondente àquele tratamento. Os tensiômetros foram colocados em uma repetição de cada regime hídrico. Cada parcela foi constituída por uma linha de plantio, com dez plantas.

Em novembro de 2007, quando a lavoura tinha aproximadamente sete anos de idade, foi feita a poda por esqueletamento e decote. Após esse procedimento, foram realizadas medições trimestrais do diâmetro de copa (em metros), sendo que a primeira ocorreu em fevereiro de 2008, e a última em novembro de 2010.

O diâmetro de copa foi representado pela média das oito plantas centrais (úteis) de cada unidade experimental.

A primeira análise feita foi a análise de variância. Como a interação tripla (densidades*regimes de irrigação*tempo) apresentou efeito significativo, realizou-se o desdobramento, de modo a analisar a evolução do diâmetro de copa ao longo do tempo, em cada combinação entre as densidades de plantio e os regimes de irrigação. A seguir são apresentados, respectivamente, os modelos de regressão não lineares Logístico (SOUSA et al., 2014) e Brody (ESPIGOLAN et al., 2013), utilizados nos ajustes:

$$y_t = \frac{\alpha}{1 + e^{-k*(t-\beta)}} + e_t$$

$$y_t = \alpha * [1 - e^{-k*(t-\beta)}] + e_t$$

em que, y_t representa o diâmetro de copa médio observado no tempo t ; t – dias após a poda, $t = 90, 180, \dots, 1080$ após a poda; α – assíntota (diâmetro de copa máximo a ser atingido pelas plantas); k – índice de crescimento (relaciona-se com a taxa de crescimento, de forma que quanto maior for este valor, menos tempo as plantas levam para atingir α); β – no modelo Logístico, indica o ponto de inflexão; no Brody, não apresenta interpretação direta; e_t – erro aleatório associado à observação

y_t , o qual pressupõe-se que seja distribuído segundo uma normal de forma independente e com variâncias homogêneas, ou seja, $e_t \sim N(0, I\sigma^2)$.

Na estimação dos parâmetros foi utilizado o método de mínimos quadrados ordinários, que considera as pressuposições supracitadas. Posteriormente, considerando o nível de significância de 5%, foi feita a análise de resíduos, sendo utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk; o teste de Breusch-Pagan, para verificar a homocedasticidade e, o de Durbin-Watson, para verificar a independência residual.

Caso algum pressuposto não fosse atendido, a estimação dos parâmetros deveria ser refeita, considerando os resultados da análise de resíduos, pois caso contrário, os resultados obtidos não seriam coerentes (PRADO; SAVIAN; MUNIZ, 2013).

Para identificar o modelo que melhor descreveu a evolução do diâmetro de copa do cafeeiro podado ao longo do tempo, foram utilizados os critérios: coeficiente de determinação (R^2) e critério de informação de Akaike corrigido (AICc), cujas expressões são apresentadas abaixo.

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT}$$

$$AICc = AIC + \frac{2p(p+1)}{n-p-1}$$

em que, SQR é a soma de quadrados dos resíduos; SQT é a soma de quadrados total; AIC é a estimativa do critério de Akaike; n é o número de observações e, p é o número de parâmetros.

Todas as análises foram feitas utilizando funções específicas do software R, versão 3.1.1. Os ajustes, por exemplo, foram feitos utilizando a função “nls()” do pacote “stats” e, para a análise de resíduos foram usadas as funções “shapiro.test()” do pacote “stats”, “durbin.watson()” e “bptest()” presentes no pacote “lmtest”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à análise de resíduos, considerando os ajustes dos modelos Logístico e Brody pelo método de mínimos quadrados ordinários, nas densidades e regimes de irrigação estudados.

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que as pressuposições de normalidade, homocedasticidade e independência residual foram atendidas (valor- $p > 0,05$) em todos os ajustes realizados, indicando que não há necessidade

de realizar uma transformação nos dados e/ou considerar um parâmetro de autocorrelação residual.

As estimativas obtidas para o coeficiente de determinação (R^2) e critério de informação de Akaike corrigido (AICc), para todos os ajustes feitos, são apresentadas a seguir na Tabela 2.

Analisando os resultados (Tabela 2), apesar das estimativas para os dois modelos serem bem próximas, pode-se identificar que, o modelo Logístico apresentou os maiores valores para o R^2 , todos acima de 91%, e os menores para o AICc; exceto na maior densidade e regime 60 kPa.

Desta forma, segundo esses dois critérios de seleção, o modelo Logístico é o que melhor descreveu a evolução do diâmetro de copa ao longo do tempo, nas densidades de plantio e regimes de irrigação estudados. Esse resultado está de acordo com o encontrado por Carvalho et al. (2006), que também utilizaram o modelo não linear Logístico para descrever o diâmetro de copa, obtendo coeficientes de determinação acima de 93%. Já Arantes et al. (2006), modelaram esta mesma característica vegetativa pelo modelo linear simples e obtiveram coeficiente de determinação menor que 86%.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas dos parâmetros do modelo Logístico nas densidades e regimes de irrigação analisados.

Em cada regime de irrigação, ao comparar os valores estimados para o parâmetro α (Tabela 3), observa-se que as maiores estimativas para o diâmetro de copa assintótico são observadas na maior densidade de plantio. Essas estimativas estão em conformidade com o crescimento médio observado: as plantas cultivadas na maior densidade apresentaram um crescimento médio de 99 cm ao longo do período analisado, enquanto as cultivadas na densidade 5000 plantas ha^{-1} atingiram um crescimento médio de 82 cm. No entanto, esses resultados divergem do encontrado por Paulo, Furlani Júnior e Fazuoli (2005), pois estes verificaram que o adensamento afetou negativamente o crescimento do diâmetro de copa das plantas. Ao estudar a variável altura de plantas do cafeeiro cultivadas em diferentes espaçamentos e regimes hídricos, Assis et al. (2014) também verificaram que as plantas cultivadas nos sistemas mais adensados apresentaram maior crescimento.

TABELA 1 - Valores-p obtidos para os testes de Shapiro-Wilk (SW), Durbin-Watson (DW) e Breusch-Pagan (BP), considerando os ajustes dos modelos Logístico (L) e Brody (B) nos regimes de irrigação testemunha, 20 e 60 kPa, 20 e 60 kPaR e nas densidades de plantio 5000 e 10000 plantas ha^{-1} .

	Densidade 5000 plantas ha^{-1}											
	Testemunha		20 kPa		20 kPaR		60 kPa		60 kPaR		60 kPaR	
	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L
DW	0,24	0,51	0,89	0,88	0,59	0,86	0,43	0,61	0,66	0,97	0,66	0,97
BP	0,67	0,82	0,79	0,66	0,91	0,64	0,23	0,19	0,37	0,32	0,37	0,32
SW	0,16	0,14	0,22	0,26	0,44	0,62	0,70	0,29	0,64	0,73	0,64	0,73

	Densidade 10000 plantas ha^{-1}											
	Testemunha		20 kPa		20 kPaR		60 kPa		60 kPaR		60 kPaR	
	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L
DW	0,47	0,81	0,23	0,43	0,32	0,61	0,96	0,86	0,67	0,84	0,67	0,84
BP	0,13	0,14	0,12	0,20	0,10	0,11	0,12	0,10	0,18	0,19	0,18	0,19
SW	0,67	0,22	0,86	0,85	0,50	0,41	0,52	0,18	0,16	0,16	0,16	0,13

Já em relação à diferença entre as estimativas obtidas para as plantas irrigadas e não irrigadas, nota-se na densidade de plantio 5000 plantas ha⁻¹ (Tabela 3), uma diferença considerável no diâmetro de copa assintótico (α), chegando a 23 cm; tal resultado corrobora os obtidos por Alves et al. (2000), Carvalho et al. (2006) e Rodrigues et al. (2010) de que a irrigação contribui para o crescimento das plantas, proporcionando maior vigor à lavoura, mesmo em regiões propícias ao cultivo do café, como é o caso do Sul de Minas Gerais.

Em ambas as densidades de plantio, as estimativas obtidas para o índice de crescimento k (Tabela 3), evidenciam que as plantas que

receberam algum nível de irrigação apresentaram desenvolvimento mais acelerado que as não irrigadas (uma vez que foram obtidos os maiores valores de k), sinalizando que a irrigação pode contribuir para a plena recuperação das lavouras podadas (ARANTES et al., 2006).

Os ajustes do modelo Logístico, em seis situações analisadas, são apresentados na Figura 1.

Pelos ajustes apresentados na Figura 1, nota-se que as irrigações contínuas (20 e 60 kPa) apresentaram moderada superioridade em relação às irrigações com pausa (20 e 60 kPaR), no entanto, para inferir precisamente sobre o efeito da pausa na irrigação, faz-se necessário a realização de outras análises mais específicas.

TABELA 2 - Valores obtidos para os avaliadores de qualidade de ajuste - coeficiente de determinação (R²) e critério de informação de Akaike corrigido (AICc), considerando os ajustes dos modelos Logístico (L) e Brody (B) nos regimes de irrigação testemunha, 20 e 60 kPa, 20 e 60 kPaR e nas densidades de plantio 5000 e 10000 plantas ha⁻¹.

	Densidade 5000 plantas ha ⁻¹										
	Testemunha		20 kPa		20 kPaR		60 kPa		60 kPaR		
	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	
R ² (%)	95,28	95,72	94,04	94,20	92,53	93,01	91,72	92,03	91,50	91,97	
AICc	-22,01	-23,11	-17,74	-18,06	-15,62	-16,33	-14,48	-14,89	-14,02	-14,62	
	Densidade 10000 plantas ha ⁻¹										
	R ² (%)	96,96	97,07	95,93	96,26	95,23	95,52	94,02	93,99	95,10	95,13
	AICc	-26,51	-26,96	-21,55	-22,49	-19,93	-20,63	-17,59	-17,55	-19,52	-19,61

TABELA 3 - Estimativas para os parâmetros α , β e k do modelo Logístico considerando os regimes de irrigação testemunha, 20 e 60 kPa, 20 e 60 kPaR e as densidades de plantio 5000 e 10000 plantas ha⁻¹.

	Densidade 5000 plantas ha ⁻¹					
	Testemunha	20 kPa	20 kPaR	60 kPa	60 kPaR	
α	1,99	2,19	2,21	2,22	2,12	
β	41,36	28,69	17,88	7,25	25,45	
k	0,0045	0,0049	0,0050	0,0046	0,0046	
	Densidade 10000 plantas ha ⁻¹					
	α	2,14	2,25	2,22	2,26	2,22
	β	22,74	30,21	27,24	6,58	25,75
	k	0,0038	0,0044	0,0042	0,0040	0,0039

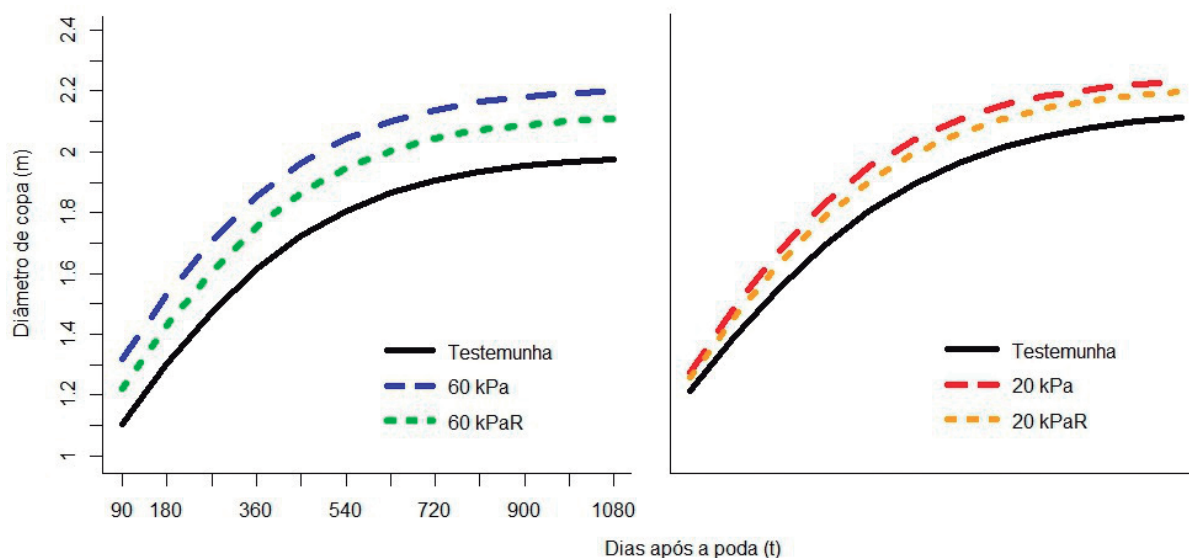


FIGURA 1 - Ajustes do modelo Logístico considerando a densidade de plantio 5000 plantas ha⁻¹ e os regimes de irrigação testemunha, 60 kPa e 60 kPaR (figura à esquerda), e a densidade 10000 plantas ha⁻¹ e os regimes de irrigação testemunha, 20 kPa e 20 kPaR (figura à direita).

4 CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado e considerando os dados analisados, pode-se concluir que:

Em todos os regimes de irrigação estudados o adensamento não afeta negativamente o crescimento das plantas.

As maiores estimativas para o diâmetro de copa assintótico e índice de crescimento foram obtidas com os regimes irrigados, indicando que a irrigação pode contribuir para a plena recuperação das lavouras podadas.

Com base no coeficiente de determinação e critério de informação de Akaike corrigido, o modelo não linear Logístico se mostra mais eficiente na descrição do diâmetro de copa do cafeeiro após a poda.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos à primeira autora; ao Consórcio Pesquisa Café, à Fapemig e CNPq pelo apoio financeiro ao projeto na execução do experimento.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, M. E. B. et al. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 219-225, 2000.

ARANTES, K. R. et al. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podado sob irrigação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p. 75-86, 2006.

ASSIS, G. A. de et al. Correlação entre crescimento e produtividade do cafeeiro em função do regime hídrico e densidade de plantio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 666-676, 2014.

BATISTA, E. L. da S. et al. Modelagem do crescimento de cultivares de cana-de-açúcar no período de formação da cultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1080-1087, 2013.

CARVALHO, C. H. M. de et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, mar./abr. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

CUSTÓDIO, A. A. de P. et al. Características vegetativas e produtivas de cafeeiros em diferentes supressões de irrigação e faces de exposição. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 411-422, 2013.

- ESPIGOLAN, R. et al. Aplicação de modelos não lineares para descrever a evolução de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Hereford. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 513-519, 2013.
- FERNANDES, T. J. et al. Seleção de modelos não lineares para a descrição das curvas de crescimento do fruto do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 207-215, 2014.
- GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564-570, 2007.
- MAIA, E. et al. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1380-1386, 2009.
- NASCIMENTO, L. M.; SPEHAR, C. R.; SANDRI, D. Produtividade de cafeeiro orgânico no cerrado após a poda sob diferentes regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 354-365, 2014.
- PAULO, E. M.; FURLANI JÚNIOR, E.; FAZUOLI, L. C. Comportamento de cultivares de cafeeiro em diferentes densidades de plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 397-409, 2005.
- PEREIRA, A. A. et al. Descrição do crescimento vegetativo do cafeeiro cultivar Rubi MG1192, utilizando modelos de regressão. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 266-274, 2014.
- PEREIRA, S. P. et al. Crescimento, produtividade e bionalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011.
- PRADO, T. K. L. do; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, J. A. Ajuste dos modelos Gompertz e Logístico aos dados de crescimento de frutos de coqueiro anão verde. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 803-809, 2013.
- RODRIGUES, S. et al. Desenvolvimento do café arábica (*Coffea arabica*) submetido a diferentes lâminas de irrigação, nas condições do estado de Rondônia. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 1, p. 44-49, 2010.
- SILVA, A. C. da et al. Características produtivas do cafeeiro arábica irrigado por pivô central na região de Lavras, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 128-136, 2011.
- SOUSA, I. F. et al. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2016-2021, 2014.
- TERRA, M. F.; MUNIZ, J. A.; SAVIAN, T. V. Ajuste dos modelos logístico e Gompertz aos dados de crescimento de frutos da tamareira-anã (*Phoenix roebelenni* O'BRIEN). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 22, n. 1, p. 1-7, 2010.