

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ESTIMATIVA DA FLORADA DO CAFEIEIRO¹

João Paulo da Silva²; Luciana A. S. Romani³; Juliana Pereira de Santana⁴; Eduardo B. C. Vasconcellos⁵; Angélica Prael-Pantano⁶; Marcelo B. P. de Camargo⁷; Elza Jacqueline Leite Meireles⁸

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

² Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, joao.silva@feagri.unicamp.br

³ Pesquisador, PhD, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, luciana.romani@embrapa.br

⁴ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, Técnica em informática, julips.hp@gmail.com

⁵ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, MS, duvascon@hotmail.com

⁶ Pesquisador, DSc, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, angelica@iac.sp.gov.br

⁷ Pesquisador, PhD, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, mcamargo@iac.sp.gov.br

⁸ Pesquisador, DSc, Embrapa Café, Brasília, DF, jacqueline.meireles@embrapa.br

RESUMO: Como a cafeicultura é muito importante para o agronegócio brasileiro, alguns modelos agrometeorológicos que relacionam condições ambientais, como temperatura e disponibilidade hídrica no solo, com a fenologia e produtividade do cafeeiro vêm sendo desenvolvidos para as regiões cafeeiras do país. Dentre estes modelos se destacam aqueles que relacionam os efeitos do clima sobre o início da florada plena do cafeeiro, os quais são fundamentais para subsidiar modelos de previsão de produtividade mais consistentes. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e implementar uma ferramenta para automatizar o modelo de estimativa da florada plena do cafeeiro arábica proposto por Camargo e Camargo (2001) e parametrizado por Zacharias et al. (2008), com base no balanço hídrico. O sistema foi desenvolvido a partir de macros de planilha eletrônica em formato excel, e no exemplo empregado neste trabalho, os dados de entrada para a simulação do balanço hídrico foram: CAD=100 mm, latitude e o nome do local, dados meteorológicos decenais de temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação referente ao período de 2009-2010, para Cabo Verde, MG. Ao final dos cálculos, um gráfico, em escala decenal, apresenta aos usuários, a data provável em que a florada plena do cafeeiro irá ocorrer, no caso, 1º decênio de outubro. A ferramenta automatiza o modelo de estimativa do florescimento do cafeeiro, facilitando seu emprego no monitoramento da cultura, a qual pode ser utilizada no auxílio do planejamento da safra e nas tomadas de decisão da lavoura, pois o modelo consegue estimar o florescimento pleno da planta com dez dias de antecedência. A aplicação informatizada do modelo possibilita o monitoramento de diversas áreas de cultivo do café simultaneamente, aumentando a capacidade de gerenciamento das diferentes áreas por parte dos tomadores de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., balanço hídrico, estimativa da florada.

AUTOMATIC SYSTEM TO ESTIMATE THE COFFEE BLOOM

ABSTRACT: As the coffee is very important for Brazilian agribusiness, some agro-meteorological models that relate environmental conditions such as temperature and soil water availability, with the phenology and coffee yield have been developed for the coffee regions of the country. Among these models stand out those that relate the effects of weather on the start of full flowering of the coffee, which are essential to support more consistent productivity prediction models. The objective of this study was to develop and implement a tool to automate the estimation model of the full flowering of Arabica coffee proposed by Camargo and Camargo (2001) and parameterized by Zacharias et al. (2008), based on the water balance. The system was developed from spreadsheet macros in Excel, and the example used in this paper, the input data for the simulation of fluid balance were: CAD = 100 mm, latitude and the location name, decennial weather data maximum and minimum air temperatures and precipitation relating to the 2009-2010 period, to Cabo Verde, MG. At the end of the calculations, a chart in ten days scale, presents users, the likely date on which the full flowering of the coffee will occur in the case, 1st ten days of October. The tool automates the model for the estimation of the coffee flowering, facilitating its use in the monitoring of culture, which can be used in aid of the crop planning and crop decision making because the model can estimate the full flowering of the plant with ten days' notice. The computer application model allows the monitoring of several coffee growing areas while increasing the manageability of the different areas by the decision makers.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., water balance, estimated bloom.

INTRODUÇÃO

Segundo Camargo (1985), o café arábica (*Coffea arabica* L.), leva dois anos para completar todo o seu ciclo fenológico, diferentemente da maioria das plantas, que tem todo o seu ciclo finalizado em apenas um ano. Camargo e Camargo (2001)

subdividiram o ciclo fenológico do cafeeiro em seis fases: 1ª - vegetação e formação das gemas foliares; 2ª - indução e maturação das gemas florais; 3ª - florada, chumbinho e expansão dos frutos; 4ª - granação dos frutos; 5ª - maturação dos frutos; 6ª - repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. Esses autores ainda destacam que a maturação das gemas florais ocorre após a acumulação de cerca de 350 mm de evapotranspiração potencial (ETp), a partir de abril, e que as floradas acontecem cerca de 8 a 15 dias após o aumento do potencial hídrico nas gemas florais (choque hídrico), causado por chuva ou irrigação, em torno de 10 mm. Posteriormente, Zacharias et al. (2008) parametrizou o modelo proposto por Camargo e Camargo (2001) e concluíram que os valores acumulados de ETp (335 mm) para as gemas florais atingirem a maturação e um mínimo de 7 mm de chuva para quebrar a dormência das gemas maduras, apresentou melhor capacidade de indicar a época da plena floração do cafeeiro arábica, com erros de estimativa inferiores ao do modelo original.

Como a cafeicultura é muito importante para o agronegócio brasileiro, alguns modelos agrometeorológicos que relacionam condições ambientais, como temperatura e disponibilidade hídrica no solo, com a fenologia e produtividade do cafeeiro vêm sendo desenvolvidos para as regiões cafeeiras do Brasil (Nunes et al., 2010). Esses modelos consideram que cada elemento meteorológico exerce controle na produtividade da cultura por influenciar em determinados períodos fenológicos críticos, como na floração, na formação e na maturação dos frutos dos cafeeiros.

Segundo Zacharias (2007), os modelos agrometeorológicos que relacionam os efeitos do clima sobre o início da florada plena do cafeeiro são fundamentais para subsidiar modelos de previsão de produtividade mais consistentes. E, de acordo com Alfonsi (2008), estimar safras agrícolas com antecipação e precisão é uma tarefa sofisticada em função das inúmeras variáveis encontradas nos diferentes agroecossistemas brasileiros. Nunes (2009) completa esta ideia dizendo que o emprego de modelos de monitoramento agrometeorológico pode caracterizar bem a produtividade do cafeeiro, pois estes consideram que algumas variáveis exercem mais ou menos influência sobre estádios críticos da sua fenologia, como florescimento e maturação.

Com base nas informações apresentadas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e implementar uma ferramenta para automatizar o modelo de estimativa da florada plena do cafeeiro arábica proposto por Camargo e Camargo (2001) e parametrizado por Zacharias et al. (2008), com base no balanço hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

A ferramenta foi desenvolvida visando a informatização do modelo proposto por Camargo e Camargo (2001) para a estimativa da florada plena do cafeeiro arábica, mais tarde parametrizado por Zacharias et al. (2008). Todas as funcionalidades foram implementadas com o software Microsoft Excel, versão 2010, e tem suas funções programadas por macros gerenciadas por controles de usuário inseridos nas planilhas. A planilha base para o desenvolvimento deste aplicativo foi proposta por Rolim et al. (1998), a qual efetua os cálculos de balanços hídricos (normal, sequencial e de cultura).

Na tela inicial, são apresentados ao usuário os menus de controle e as tabelas para preenchimento de dados (Figura 1), onde devem ser informados o ano inicial e final para cálculo do balanço hídrico e o ano de carga alta do cafeeiro, em que ocorre a maior produtividade da planta, sendo este considerado como referência para estimar o florescimento.

Período - Balanço Hídrico	
Inicial	Ano
	2003
	2004
	2005
	2006
	2007
	2008
	2009
	2010

Final		
Ano	Decêndio	
2004	Out(3)	
2005	Nov(1)	
2006	Nov(2)	
2007	Nov(3)	
2008	Dez(1)	
2009	Dez(2)	
2010	Dez(3)	

Ano de carga alta	
Ano	
2006	
2007	
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	

Menu	
Inserir	Calcular

Figura 1. Menu de controle da planilha de estimativa de florescimento do cafeeiro.

Posteriormente, o sistema verifica a coerência dos períodos já informados e, caso não sejam encontrados erros, procede-se o preenchimento dos dados de entrada requeridos pelo modelo: temperaturas máxima (TMax, °C) e mínima (TMin, °C) do ar e precipitação (P, mm) para cada dia considerado no período (Figura 2). Os outros parâmetros utilizados pelo modelo são: a **Capacidade de Água Disponível** (CAD, mm), onde geralmente assume-se o valor de 100 mm, o qual representa a condição da maioria dos solos onde a cafeicultura está estabelecida no estado de São Paulo (Camargo e Pereira, 1994); a **Latitude**, em graus e o nome do **Local** para onde se quer fazer o cálculo. Os índices **I** (Índice Térmico Anual) e **A** (constante do local) são variáveis opcionais referentes ao clima local, as quais poderão também ser informadas pelo usuário. Caso estes índices sejam desconhecidos, o sistema realiza o cálculo baseado nos dados agrometeorológicos fornecidos.

Entrada de dados						
Ano	Data	T Max (°C)	T Min (°C)	P (mm)	Balanço Hídrico	
2009	01/01	27,96	16,72	4,65	CAD (mm)	100
	02/01	27,56	13,24	2,68	Latitude (Graus)	-21,46
	03/01	27,01	16,83	10,55	Local	Cabo Verde - MG
	04/01	26,51	16,39	3,16	Índice I	
	05/01	25,51	14,55	0	Índice A	

Figura 2. Preenchimento dos dados de entrada para o cálculo do balanço hídrico e estimativa de florada plena.

Após o preenchimento dos dados, é feito o cálculo do balanço hídrico e a estimativa de florescimento. O balanço hídrico é calculado pelo modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955), em escala decendial, e a evapotranspiração potencial (ETp) é determinada seguindo a metodologia proposta por Thornthwaite (1948).

A partir dos resultados do balanço hídrico, estima-se a época da florada plena do cafeeiro, a qual ocorrerá quando o somatório de evapotranspiração potencial acumular cerca de 335 mm, a partir do primeiro decêndio de abril e após precipitação de no mínimo 7 mm, responsável pelo choque hídrico, ocasionando a quebra da dormência das gemas florais e possibilitando a florada do cafeeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizados os cálculos do balanço hídrico, a ferramenta apresenta ao usuário na forma de tabelas, os dados de saída: evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, deficiência hídrica, excedente hídrico, armazenamento de água no solo, chuva, temperatura média do ar e o decêndio em que ocorrerá a florada plena, além de dois gráficos, um mostrando o extrato do balanço hídrico para o período estabelecido (Figura 3) e outro, o florescimento (Figura 4), onde é mostrada a curva de acúmulo da evapotranspiração potencial (ETp acumulada), a incidência de chuvas e a indicação do decêndio de ocorrência estimada da florada plena.

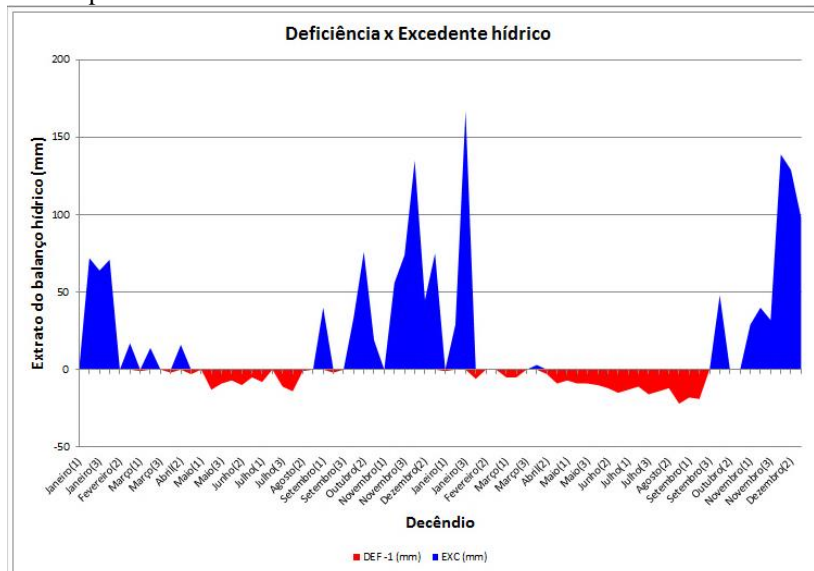


Figura 3. Extrato do balanço hídrico referente ao período de 2009-2010 para localidade de Cabo Verde, MG.

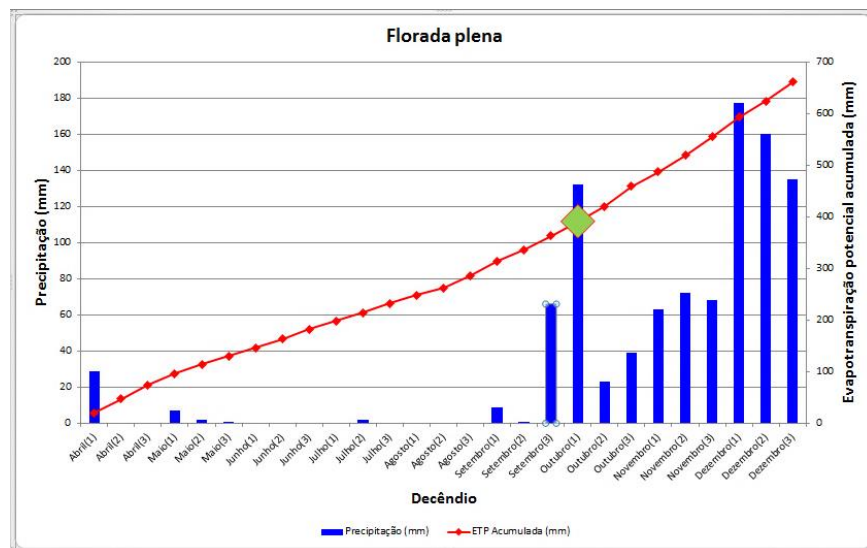


Figura 4. Distribuição da precipitação por decêndio e curva de acúmulo de evapotranspiração potencial na região de Cabo Verde, MG, indicando o início da florada em cafeeiro arábica na safra 2009-2010.

Dessa forma, como exposto anteriormente, pode-se verificar que este aplicativo facilita a utilização do modelo, pois todos os cálculos são feitos de maneira rápida e com reduzida chance de erros, bastando ao usuário apenas informar os dados necessários. Segundo Rolim et al. (1998), as planilhas eletrônicas têm sido largamente utilizadas para tratamento de dados e apresentação de gráficos, a exemplo das rotinas para planilhas eletrônicas, as quais facilitam as análises e confecções de gráficos e tabelas, possibilitando a criação de bancos de dados e a comunicação com outros programas.

CONCLUSÕES

- A ferramenta automatiza o modelo de estimativa do florescimento do cafeeiro, facilitando seu emprego no monitoramento da cultura, a qual pode ser utilizada no auxílio do planejamento da safra e nas tomadas de decisão da lavoura, pois o modelo consegue estimar o florescimento pleno da planta com dez dias de antecedência.
- A aplicação informatizada do modelo possibilita o monitoramento de diversas áreas de cultivo do café simultaneamente, aumentando a capacidade de gerenciamento das diferentes áreas por parte dos tomadores de decisão.

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.
- CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.20, p.831-839, 1985.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. Bragantia, v.60, p.65-68, 2001.
- CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. Agrometeorology of the coffee crop. Geneve: World Meteorological Organization, 1994. 96p. (Agricultural Meteorology CaM report, 58).
- NUNES, F. L. Modelo agrometeorológico da duração do estágio fenológico da floração-maturação do café arábica. 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado - Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2009.
- 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, Dezembro de 2010.
- PEREIRA, A. R.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Agrometeorologia de cafezais no Brasil. Campinas: 127 p. 2008.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

ZACHARIAS, A. O. Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado - Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, 2007.

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