

# SIMULAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO DO CAFEEIRO EM MINAS GERAIS E PARANÁ

FÁBIO ALCOVER HASTENREITER<sup>1</sup>, ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA<sup>2</sup>,  
EDUARDO YASUJI CHIBANA<sup>3</sup>, JACQUELINE LEITE MEIRELES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Bolsista Consórcio Brasileiro de P&D Café, IAPAR, Londrina –PR, Fone: (0xx43) 33762118, [fabioalcover@iapar.br](mailto:fabioalcover@iapar.br). <sup>2</sup> Eng. Agrônomo, PhD, Pesquisador da Área de Engenharia Agrícola, IAPAR, Londrina-PR, <sup>3</sup> Cientista da Computação, BS, Bolsista DTI/CNPq IAPAR, Londrina – PR, <sup>4</sup> Eng. Agrícola, Doutora, Pesquisadora da EMBRAPA Café, Brasília-DF.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** A previsão do desenvolvimento fenológico é bastante útil para a programação antecipada das operações agrícolas e para antever o comportamento das culturas sob as condições de mudanças climáticas, visando buscar de soluções para mitigar eventuais efeitos decorrentes. Neste trabalho simulou-se o desenvolvimento cafeeiro para estimar a época de ocorrência dos principais estádios fenológicos, em três regiões produtoras: Londrina, PR, Patrocínio e Varginha, MG. Utilizou-se um programa computacional que calcula o progresso de desenvolvimento em função de requerimentos térmicos, hídricos, de fotoperíodo, e de características de crescimento da planta, definidos como em características genéticas da cultivar a ser simulada. Nas fases iniciais (indução floral e formação de gemas), Patrocínio e Varginha apresentaram desenvolvimento mais rápido, devido às temperaturas mais elevadas. O florescimento, que depende de chuvas, ocorreu 10 a 15 dias mais cedo em Londrina. A duração das fases de formação e maturação do fruto foi similar nas três localidades, porém o ciclo anual ocorreu 10 a 14 dias mais cedo em Londrina devido ao florescimento antecipado.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem, desenvolvimento vegetativo, fenologia

## SIMULATION OF COFFEE PHENOLOGICAL DEVELOPMENT IN MINAS GERAIS AND PARANÁ

**ABSTRACT:** Forecasting phenological development is useful for planning agricultural practices and to assess crop behavior under possible climatic changes, in an attempt to seeking practices for mitigating eventual effects. In this work, phenological development of coffee plants was simulate to estimate dates of occurrence of main phenological stages, in three coffee production regions in Brazil: Londrina, PR, Patrocínio e Varginha, MG. A computational program was used to calculate progress of phenological phases as a function of temperature, photoperiod, water availability and plant growth characteristics, defined as genetic characteristics of a considered cultivar. For the initial phases (floral induction and bud formation), Patrocínio e Varginha had faster development due to higher temperature. Flowering, which depends on rainfall, occurred 10 to 15 days earlier in Londrina. Maturation phase was similar for the three locations, but annual cycle was 10 to 14 days shorter in Londrina due to anticipation in flowering.

**KEY WORDS:** modeling, crop development, phenology

**INTRODUÇÃO:** A simulação da formação e crescimento de órgãos das plantas carece da correta definição das fases fenológicas do ciclo de desenvolvimento da cultura, bem com a estimativa acurada das datas de ocorrência dos estádios fenológicos e duração das fases. A previsão do desenvolvimento vegetativo é bastante útil para a programação antecipada das operações agrícolas. Outra aplicação importante é a possibilidade de antever o desenvolvimento do cafeeiro sob a perspectiva de mudanças climáticas previstas para um futuro próximo, com mudanças significativas nas temperaturas e regimes hídricos. Neste cenário, os riscos da atividade agrícola ficam ainda maiores e as mudanças de paradigmas ficam cada vez mais intensas, desde floradas fora de época até mudanças significativas no zoneamento agrícola (ASSAD et al., 2004). Assim, os modelos matemáticos que simulam o desenvolvimento e crescimento de culturas agrícolas são ferramentas muito úteis, tanto na previsão e avaliação do comportamento destas culturas nos ambientes previstos, quanto no desenvolvimento e avaliação de práticas e técnicas que busquem adaptar as atividades agrícolas à nova realidade de maneira menos traumática, minimizando os danos econômicos, ambientais e sociais destas mudanças. O objetivo deste trabalho foi comparar simulações do desenvolvimento do cafeeiro usando um modelo computacional para prever as datas de ocorrência dos principais estádios fenológicos em três regiões produtoras, duas do estado de Minas Gerais e uma do Paraná.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Utilizou-se um modelo de crescimento do cafeeiro no qual o módulo de fenologia é processando juntamente com outros módulos que simulam o balanço de carbono e balanço hídrico, cujos detalhes do programa computacional são descrito por FARIA et al. (2005). Resumidamente, assume-se a ocorrência de um determinado estádio quando o progresso de desenvolvimento durante uma determinada fase atinge o valor crítico requerido para completar aquela fase ( $DC_i$ ). O progresso de desenvolvimento é estimado pela integração ou soma da taxa de desenvolvimento durante o tempo considerado. A taxa de progresso ( $dP/dt$ ) ao longo da fase é calculada pelo produto entre a taxa de desenvolvimento ótimo ( $D$ ) e fatores modificadores dessa taxa, que são representados em função da temperatura,  $f(T)$ , fotoperíodo,  $g(F)$ , disponibilidade hídrica,  $z(H)$ , e/ou outros fatores que podem ser definidos pelo usuário,  $w(G)$ , ou seja:

$$\frac{dP}{dt} = D f(T) g(F) z(H) w(G) \dots\dots\dots(1)$$

Na Equação 1 o passo de cálculo ( $dt$ ) corresponde a um dia e  $D$  é igual a 1, sendo sua unidade denominada dia fototérmico. Assumindo-se o valor unitário para as funções  $f(T)$ ,  $g(F)$ ,  $z(H)$  e  $w(G)$  quando o cultivo se encontra sob condições ótimas de desenvolvimento, o valor requerido para mudança de fase torna-se igual ao número de dias do calendário para atingir o estádio em questão. Sob condições sub-ótimas de desenvolvimento as funções da Equação 1 assumem valores diferentes de 1, podendo acelerar ou retardar o desenvolvimento do cultivo. Na tabela 1 são apresentadas as fases fenológicas consideradas e os fatores condicionantes para progresso e término de cada fase. Foram simulados o desenvolvimento fenológico do cafeeiro nas seguintes condições ambientais: uma em Londrina, Paraná, no período entre 01/01/2000 e 31/12/2006, e duas para Minas Gerais, em Patrocínio, no período entre 01/01/2000 e 31/12/2006, e em Varginha, no período entre 01/01/2002 e 31/12/2006. Na simulação de Londrina foram utilizados dados da estação meteorológica do IAPAR, e para as simulações de Patrocínio e Varginha foram utilizados dados meteorológicos das estações da EPAMIG.

Tabela 1. Fatores condicionantes para progresso e término de para progresso e término de diferentes fases fenológicas do cafeeiro

Fase	Fator condicionante	Fator modificador	Valor crítico (DCi)
Semeadura-germinação	Umidade do solo	-	Água disponível na camada superficial > 30%
Germinação-emergência	Temperatura	Umidade do solo retarda 20%	90 dias fototérmicos
Emergência-ramificação	Altura da planta	-	> 10 nós no caule
Ramificação-indução floral	Fotoperíodo	-	Duração do dia < 12,3 horas
Indução floral-gema madura	Temperatura	Umidade do solo acelera 20%	180 dias fototérmicos
Gema madura-floração	Chuva	-	> 15mm
Floração-Frutificação	Temperatura	-	15 dias fototérmicos
Frutificação-maturação	Temperatura	-	240 dias fototérmicos
Maturação-colheita	Temperatura	Umidade do solo acelera 20%	30 dias fototérmicos

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A simulação das épocas de ocorrência dos estádios fenológicos simulados pelo programa computacional (Figura 1) mostra que a indução floral ocorreu quase na mesma época nas três localidades (9 a 11/03), devido ao fato de se assumir a dependência desse processo ao comprimento do dia (Tabela 1). Na fase seguinte, da indução floral à gema madura (GM), a amplitude entre as datas mínimas e máximas foi similar entre as três localidades, variando entre 12 e 14 dias. No entanto, o estádio de gema madura foi atingido, em média, 10 dias mais tarde em Londrina (30/08), comparado com as duas localidades mineiras (19/08 e 21/08 em Patrocínio e Varginha, respectivamente). Como se atribui o progresso dessa fase dependente da temperatura (Tabela 1), o período mais longo se deve à menor temperatura de Londrina durante o outono e inverno (Figura 2a). Apesar do atraso na maturação das gemas florais em Londrina, em média, a floração ocorre mais cedo (07/09) do que nas outras duas localidades de Minas Gerais (17/07 em Patrocínio e 23/09 em Varginha), além de apresentar menor amplitude de variação (23 dias) que os outros dois locais (33 dias em Varginha e 64 dias em Patrocínio). A maior variabilidade e ocorrência mais tardia da floração se devem à menor precipitação no mês de setembro em Varginha e Patrocínio (Figura 2b). A fase de floração ao início da frutificação teve duração de 16 dias para as três localidades, terminando, em média, na última semana de setembro em Londrina na primeira semana em Patrocínio e na segunda semana em Varginha, devido às condições térmicas semelhantes durante o período (Figura 2b). A fase frutificação à maturação fisiológica, também dependente da temperatura, ocorreu no período de outubro a maio. Devido às condições térmicas semelhantes a duração média da fase foi de 238 dias para Londrina e Patrocínio e de 240 dias para Varginha. Na última fase, a de maturação fisiológica do fruto e semente à senescência, que também dependente do acúmulo de dias fototérmicos, Londrina que teve desenvolvimento ligeiramente inferior devido às temperaturas mais baixas (Figura 2a). O término do ciclo anual em Londrina se deu aproximadamente 10 dias antes de Patrocínio e 14 dias antes de Varginha. Esta vantagem de Londrina sobre as outras localidades se deve principalmente à antecipação do florescimento, devido à maior precipitação setembro Londrina.

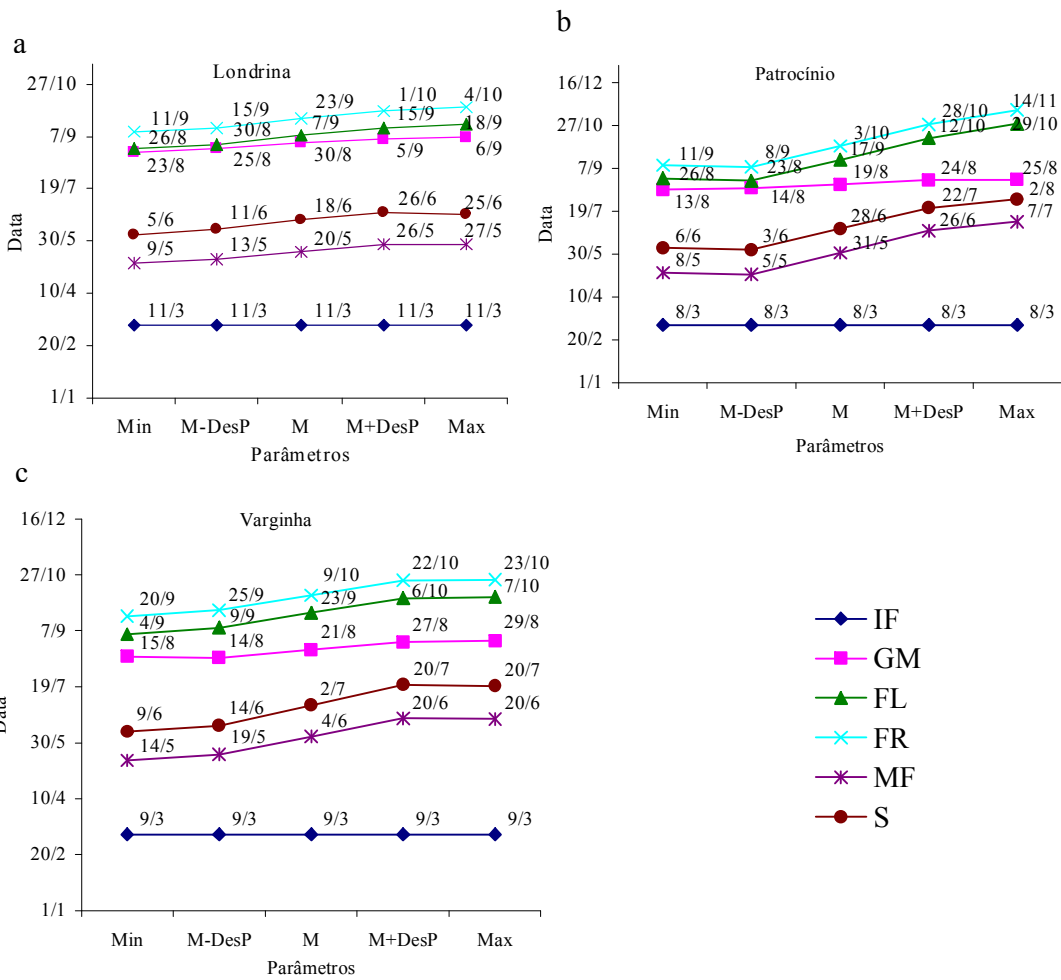


Figura 1. Datas de ocorrência de estádios fenológicos de cafeeiro simuladas para: a) Londrina, PR (01/2000 a 12/2006), b) Patrocínio, MG (01/2000 a 12/2006) e c) Varginha, MG (01/2002 a 12/2006). Valores mínimo (Min), médio (M), máximo (Max), média menos desvio padrão (M-DesP) e média mais desvio padrão (M+DesP) para ocorrência de indução floral (IF), gema floral madura (GM), florescimento (FL), frutificação (FR), maturação fisiológica (MF) e senescência (S),

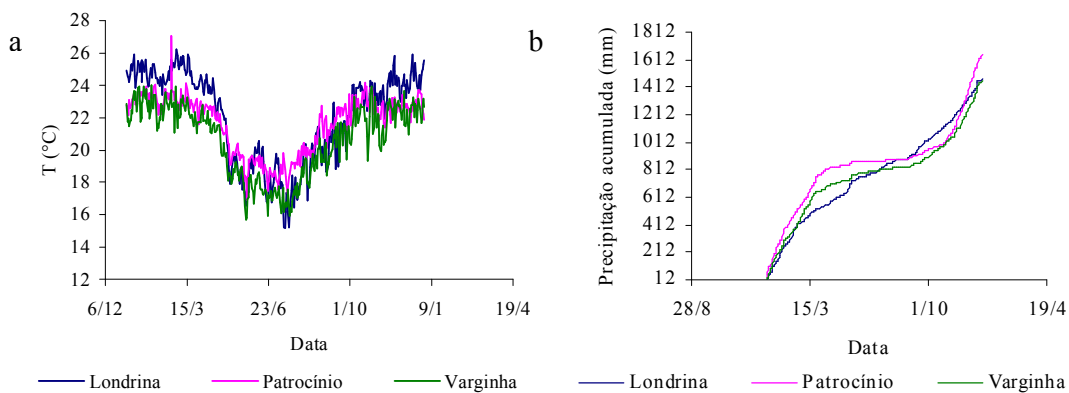


Figura 2. Temperatura média diária (a) e precipitação diária acumulada (b) em três regiões cafeeiras, durante 2000 a 2006.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ARCILA-PULGARÍN, J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; WICKEH. Application of the extended BBCH scale for the description of the growth stages of coffee (*Coffea* spp.). *Annals of Applied Biology*, 141 (1), 19–27, 2002

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, nov. 2004

CAMARGO, A.P. de, CAMARGO, M.B.P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, Campinas, 60(1): 65-68. 2001

PEZZOPANE, J. R.M.; PEDRO JUNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003

FARIA, R.T., CHIBANA, E.Y., MOTA, R.G. VIEIRA, A.S Simulação do desenvolvimento fenológico do cafeeiro. *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Cafés do Brasil*, EMBRAPA CAFÉ, 2005, CDrom