



Modelo Linear para Previsão do Florescimento de soja



Foto: Paulo Kurtz

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida

Presidente

Alberto Duque Portugal

Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast

José Honório Accarini

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal

Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakazu

Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Diretores

Embrapa Trigo

Benami Bacaltchuk

Chefe-geral

João Carlos Ignaczak

Chefe Adjunto de Administração

João Francisco Sartori

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

José Eloir Denardin

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento



ISSN 1676-4544

Novembro, 2001

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento

Modelo Linear para Previsão do Florescimento de Soja

Osmar Rodrigues
Agostinho Dirceu Didonet
Julio Cesar Barreneche Lhamby
Paulo Fernando Bertagnolli
Erivelton Scherer Roman

Embrapa Trigo
Passo Fundo, RS
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, km 174
Telefone: (54) 311-3444
Fax: (54) 311-3617
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
Home page: www.cnpt.embrapa.br
E-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Rainoldo Alberto Kochhann

Membros: Arcenio Sattler, Ariano Moraes Prestes, Cantídio Nicolau Alves de Sousa, Delmar Pöttker, Gilberto Roca da Cunha, João Carlos Haas, José Roberto Salvadori, Osmar Rodrigues

Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi

Capa: Liciane Toazza Duda Bonatto

Ficha Catalográfica: Maria Regina Martins

1ª edição

1ª impressão (2001): Tiragem: 200 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Rodrigues, Osmar.

Modelo linear para previsão do florescimento de soja / Osmar Rodrigues, Agostinho Dirceu Didonet, Julio Cesar Barreneche Lhamby, Paulo Fernando Bertagnolli, Erivelton Scherer Roman. – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2001.

32 p. ; 21 cm. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

ISSN 1676-4544

1. Soja - Modelagem - Florescimento. 2. Soja - Fisiologia. I. Didonet, A. D. II. Lhamby, J. C. B. III. Bertagnolli, P. F. IV. Roman, E. S. V. Título. VI. Série.

CDD: 633.3405811

© Embrapa Trigo 2001

Apresentação

Ferramentas para tomadas de decisão são extremamente importantes em gestão de processos produtivos. Alguns eventos naturais que ocorrem em plantas, como a data de florescimento, são de extrema importância para a predição de produtividade, para a execução de práticas de controle de doenças, de pragas ou mesmo de plantas daninhas, para o estabelecimento de datas de colheita, entre outras práticas fundamentais para o sucesso da lavoura.

O trabalho que estamos apresentando, Modelo Linear para Previsão do Florescimento de Soja, oferece uma ferramenta que, se corretamente usada pelos pesquisadores, permite a seleção de plantas com características desejáveis pelos produtores e pelo mercado de diferentes regiões de produção.

É para a Embrapa Trigo um prazer contribuir com informações tecnológicas e científicas que certamente oferecem soluções para o desenvolvimento do agronegócio de nosso país, em benefício da sociedade.

Benami Bacaltchuk
Chefe-geral da Embrapa Trigo

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
Introdução	11
Materiais e Métodos	15
Resultados e Discussão	18
Conclusões	25
Referências Bibliográficas	26
Equipe Técnica Multidisciplinar da Embrapa Trigo	31

Modelo Linear para Previsão do Florescimento de Soja

Osmar Rodrigues¹

Agostinho Dirceu Didonet²

Julio Cesar Barreneche Lhamby¹

Paulo Fernando Bertagnolli¹

Erivelton Scherer Roman¹

Resumo

A previsão da data de florescimento e de outros estádios de desenvolvimento de soja é de suma importância para o manejo da cultura, bem como para uso em modelos de crescimento e de produção. A descrição quantitativa do florescimento permite a seleção de desejado padrão fenológico para determinados ambientes de cultivo de soja. Modelos de regressão, em que parâmetros podem ser facilmente estimados, constituem opções para tal propósito. O objetivo deste estudo foi avaliar a habilidade da equação $D = a' + b'F + c'T$ (onde a' , b' e c' são parâmetros empíricos, e F e T representam a média da temperatura e do

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: osmar@cnpt.embrapa.br / julio@cnpt.embrapa.br / bertag@cnpt.embrapa.br / eroman@cnpt.embrapa.br

² Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antonio de Goiás, GO. E-mail: didonet @cnpaf.embrapa.br

fotoperíodo entre a emergência e o florescimento), baseada na análise de regressão múltipla, em prever o subperíodo entre a emergência e o início do florescimento (R1) de cultivares e de uma linhagem de soja de diferentes grupos de maturação, semeadas em épocas diferentes. As avaliações dos parâmetros no modelo foram realizadas mediante análise de regressão múltipla, combinando dados de dois anos agrícolas em Passo Fundo, RS, para cada genótipo. A análise de regressão múltipla mostrou que o período entre a emergência e o florescimento foi afetado pela temperatura e pelo fotoperíodo. As cultivares e a linhagem apresentaram diferentes sensibilidades a cada um desses fatores, resultando em coeficientes distintos. As datas de florescimento estimadas e observadas foram altamente significativas (r^2 superiores a 0,77) para todos os genótipos, com variação de erro padrão entre 2,4 e 4,8 dias.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merrill, floração, estádios, data de semeadura.

Linear Model for Predicting Flowering in Soybean

Abstract

Predicting the time of flowering and other growth stages is a critical step for crop management practices, as well as for the development of crop models. Quantitative descriptions of time of flowering allow the selection of phenological standards for growing soybeans in selected environmental conditions. For these purposes, regression models are very attractive due to the simplicity in estimating their parameters. The objective of this study was to evaluate the ability of the second order equation, $D = a' + b'F + c'T$, where a' , b' and c' are empirical parameters, and T and F refer to the mean temperature and photoperiod, respectively, between the emergence and flowering, based on multiple regression, in predicting the duration of the period between the emergence and the beginning of flowering (R1) of soybean cultivars belonging to different maturation groups, sown at different planting times. Evaluation of the coefficients were carried out through

multiple regression analysis combining the data sets from two growing seasons for each genotype (1995/96 and 1996/97) in Passo Fundo, RS. Multiple regression analysis showed that the period between emergence and flowering was influenced by temperature and photoperiod. The cultivars under study showed different susceptibilities to each factor, resulting in specific coefficients. The agreement between observed and predicted time of flowering was highly significant for all genotypes (R^2 higher than 0.77) with standard deviations ranging from 2.4 to 4.8 days.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merrill, flowering, photoperiod, temperature

Introdução

A previsão da data de florescimento, bem como de outros estádios de desenvolvimento em soja, é de suma importância para o manejo da planta, bem como para uso em modelo de crescimento e produção da cultura. A correta previsão do período de duração entre a emergência e o florescimento e da produção de matéria seca pode ser usada para estimar a produtividade de grãos (Shanmugasundaram & Tsou, 1978; Wang et al., 1997). Ainda, pode fornecer indicações sobre como manejar a cultura para escapar períodos de estresse característicos (falta de água, acamamento etc.), em determinadas regiões de cultivo de soja. A previsão do comportamento fenológico em soja é dificultada pela falta de entendimento da influência dos fatores de ambiente no seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Entre os fatores de ambiente, o fotoperíodo e a temperatura são os mais importantes, por provocarem mudanças qualitativas ao longo do ciclo.

As respostas a esses fatores de ambiente não são lineares durante o ciclo de vida da cultura. Vários estudos têm caracterizado essas respostas, quanto à sensibilidade a temperatura e fotoperíodo, principalmente no subperíodo entre emergência e florescimento (Major et al., 1975; Jones & Laing, 1978; Hodges & French, 1985; Wilkerson et al., 1989).

A duração desses subperíodos é determinada pelo grau de sensibilidade termo-fotoperiódica do genótipo, sendo o grau de resposta ao estímulo o principal determinante da área de adaptação das diferentes cultivares. Assim, sob dias longos, a taxa de desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é menor, e, sob baixas temperaturas, ocorre uma diminuição no número de primórdios reprodutivos e na taxa de desenvolvimento. Dessa forma, a data de antese é uma avaliação fenológica importante, podendo ser relacionada com o tamanho da planta. Contudo é a transformação das gemas vegetativas apicais em gemas reprodutivas a causa da finalização da geração das estruturas vegetativas.

Há muito tempo sabe-se que o intervalo de tempo, em dias, entre a emergência e o florescimento depende da influência da temperatura e do fotoperíodo, e que existe para cada genótipo determinado limite de comprimento de dia, suficientemente curto para induzir o florescimento e suficientemente longo para impedi-lo (Jonhson et al., 1960). Este é caracterizado como fotoperíodo crítico (Steinberg & Gardner, 1936). Nas cultivares de soja sensíveis, a resposta ao fotoperíodo é quantitativa e não absoluta, significando que o florescimento ocorrerá de qualquer modo. No entanto, o tempo requerido para tal dependerá do comprimento do dia, sendo mais rápida a indução com dias curtos do que com dias longos. Desse modo, a indução floral provoca a transformação dos meristemas vegetativos (diferenciação de talos e folhas) em reprodutivos (primórdios

florais), determinando o tamanho final das plantas (número de nós) e, portanto, o potencial de rendimento de grãos. Cultivares de maturação tardia são geralmente mais sensíveis ao fotoperíodo do que cultivares precoces (Major et al., 1975 ; Lawn & Byth, 1973).

Garner & Allard (1930) concluíram que a temperatura em ambientes com fotoperíodo constante influencia grandemente o tempo de florescimento. Segundo Pascale (1969), existe relação inversa entre temperatura média e número de dias necessários para o florescimento. Dessa forma, temperaturas mais baixas causam aumento no período para que ocorra o florescimento. Parker & Borthwick (1943) observaram que a indução floral foi ótima quando a temperatura das folhas estava entre 21 a 27 °C à noite, e que acima dos 27 °C poucos primórdios florais eram formados.

O efeito do fotoperíodo e da temperatura no período de florescimento em soja pode ser estudado através de uma relação quantitativa entre essas variáveis. Major et al. (1975) usaram um modelo multiplicativo da temperatura e fotoperíodo para descrever o período de florescimento de soja. Hodges & French (1985) usaram uma técnica estatística para obter uma equação capaz de prever a data de florescimento em soja. Por outro lado, Sinclair et al. (1991) empregaram modelo linear e logístico, baseado na temperatura e no fotoperíodo, para prever a data de florescimento de cultivares de soja de vários grupos de maturação. Ambos os modelos geram

acurada previsão da data de florescimento das cultivares. Contudo, a grande facilidade com que os parâmetros dos modelos de regressão podem ser estimados e o uso do conceito de taxa de desenvolvimento apresentado por DeWit et al. (1970) têm constituído atrativa opção para previsão da data de florescimento.

Hadley et al. (1984) usaram esse conceito para definir a taxa de desenvolvimento como o inverso do tempo entre a emergência e o florescimento ($1/f$). Dessa forma, uma cultivar com longo período da emergência ao florescimento (f : dias) teria uma pequena taxa de desenvolvimento (D : dias⁻¹). Assim, pode-se analisar o comprimento do período através do D como função linear e aditiva da temperatura (T) e do fotoperíodo (F) médios para o referido período.

$$1/f = D = a' + b'F + c'T \quad [1],$$

onde a' ; b' e c' são coeficientes empíricos. Os valores de F e T representam a média da temperatura e do fotoperíodo entre a emergência e o florescimento (Hadley et al., 1984).

Com o objetivo de quantificar o efeito do fotoperíodo e da temperatura na duração do período de florescimento (Em-R1) e avaliar a resposta de um modelo linear simples para prever o período de florescimento de cultivares e de uma linhagem de soja, de diferentes grupos de maturação, foi estabelecido o presente estudo.

Materiais e Métodos

As avaliações fenológicas foram realizadas nas safras agrícolas 1995/96 e 1996/97, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - Embrapa Trigo, em Passo Fundo (Latitude: 28°15'S, Longitude: 52°24'W, e 687 m de altitude), RS. O solo em que se conduziu o estudo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro distrófico. Usaram-se oito cultivares e uma linhagem de soja (Tabela 1) repetidas nos dois anos de estudo, semeadas em cinco épocas. No ano 1995/96, as datas de semeadura foram: 17/9, 11/10, 16/11, 12/12 e 5/1; e em 1996/1997, foram: 18/9, 17/10, 17/10, 12/11, 17/12 e 17/1, respectivamente. As avaliações foram realizadas mediante três observações semanais nos seguintes estádios de crescimento: 1) emergência (Em); e 2) R1 = início do florescimento, de acordo com a escala proposta por Fehr et al. (1971). As cultivares e a linhagem foram reunidas de acordo com o grupo de maturação numa tentativa para melhor caracterização (Tabela 1).

O estudo foi estabelecido sob sistema plantio direto, com densidade de 300.000 plantas/ha, em espaçamento de 0,5 m entre as fileiras. Cada unidade experimental foi constituída de oito linhas de 5 m de comprimento, distribuídas em blocos ao acaso com duas repetições. A adubação de P e K foi efetuada antes da semeadura, conforme recomendações técnicas para a

cultura de soja (1995/1996), usando-se 300 kg ha⁻¹ de fertilizante, da formulação N-P-K 0-20-30. Foi realizada aplicação de inseticida e de herbicida para controle de pragas e de plantas indesejadas. Durante o período de estudo, nos dois anos agrícolas, os experimentos foram irrigados quando necessário, para evitar deficiência hídrica nas plantas.

Tabela 1. Intervalo de tempo (dias) observado entre a emergência (Em) e o florescimento (R1) de genótipos de soja de diferentes grupos de maturação estudados na safra agrícola de 1995/96 e 1996/97, em Passo Fundo, RS.

Genótipo	Grupo de Maturação ¹	Tempo para o florescimento	
		Mínimo	Máximo
----- dias -----			
FT-Cometa	V	33	52
Ocepar 6	VI	40	63
Ocepar 3	V –VI	40	67
BR-16	VI-VII	38	67
Ocepar 14	VI-VII	40	69
FT-Abyara	VIII	42	69
Ocepar 8	PJL ²	43	80
BR 83147	PJL	47	80
Ocepar 9	PJL	54	88

¹ Grau de sensibilidade ao fotoperíodo. Escala crescente (00, 0, I, II, III... até o grupo de maturação X) de requerimento em dias curtos, adotada nos EUA.

² PJL-Período juvenil longo (genótipos com sensibilidade fotoperiódica modificada, floração atrasada sob condições de dias curtos).

As informações sobre temperatura e fotoperíodo foram fornecidas pela Estação Meteorológica, distanciada 100 m do local do experimento. A temperatura média diária foi obtida pela média entre a temperatura mínima e máxima. O fotoperíodo foi calculado para a latitude de 28°15'S, incluindo crepúsculo civil de acordo com List (1951).

A avaliação dos coeficientes no modelo linear foi realizada mediante análise de regressão linear múltipla, combinando os dados dos dois anos agrícolas (1995/96 e 1996/97), para cada genótipo. A temperatura média (**T**) e o fotoperíodo médio (**F**) foram calculados entre as datas correspondentes à emergência e ao início do florescimento (R1). As datas foram analisadas somente em termos da Equação [1]: $D = a' + b'F + c'T$, onde **a'**; **b'** e **c'** são coeficientes empíricos, de acordo com Hadley et al. (1984), pois o limite mínimo da taxa de desenvolvimento (0,01 dias⁻¹) e fotoperíodo inferior a 12 horas não foram obtidos no presente estudo, o que indica este modelo como adequado às condições de ambiente do experimento. O valor mínimo de **D** obtido neste estudo foi de 0,011 (1/**D** < 88 dias) e o fotoperíodo mínimo ao qual as plantas estavam expostas foi de 13,2 horas.

A validação foi realizada mediante utilização da data de florescimento das cultivares FT-Cometa, Ocepar 14, BR-16 e FT Abyara obtidas em vários experimentos nas safras agrícolas de 1992/93, 1993/94, 1994/95,

1995/96, 1996/97 e 1997/98 no município de Passo Fundo, RS.

Resultados e Discussão

Com relação à duração do período entre a emergência e início do florescimento, observou-se grande variação entre os genótipos testados, em que os tempos mínimo e máximo obtidos foram de 33 e 88 dias, respectivamente (Tabela 1).

O modelo de regressão linear usado para descrever os dados obtidos nos dois anos de estudo resultou em valores de r^2 altamente significativos para todas as cultivares e a linhagem em estudo, mostrando-se adequado para descrever os processos (Tabela 2). Adicionalmente, a análise de regressão múltipla revelou, também, que o subperíodo entre a emergência e o florescimento foi afetado pela temperatura e pelo fotoperíodo médios.

As cultivares e a linhagem em estudo evidenciaram diferenças entre si na sensibilidade a essas variáveis, resultando em diferentes coeficientes para cada genótipo (Tabela 2). Os valores de r^2 foram mais baixos para a cultivar mais precoce (FT-Cometa) e para as duas cultivares com períodos juvenil longo (Ocepar 8 e Ocepar 9). Para a cultivar FT-Cometa, o baixo valor de r^2 , comparativamente aos demais, evidenciou maior dificuldade do

modelo para descrever os dados, o que pode ser decorrente do curto fotoperíodo a que foi exposta, na mesma data de semeadura, impedindo a expressão da sua sensibilidade, pelo menos em parte do ciclo. Nas cultivares com período juvenil longo, pelo menos parte do ciclo não apresentou resposta ao fotoperíodo e esse pode ter sido o motivo do baixo valor de r^2 , quando comparada às demais. Contudo, a linhagem BR 83147, caracterizada por período juvenil longo, também não se comportou como os demais genótipos, ao apresentar o maior valor de r^2 observado no estudo.

Tabela 2. Parâmetros para o modelo linear, com base nas médias de fotoperíodo (F) e de temperatura (T), obtidos a partir de datas de floração de genótipos de soja, nas safras agrícolas de 1995/96 e 1996/97. Passo Fundo, RS.

Genótipo	$^1D = a' + b'F + c'T$				
	Parâmetro				
	a'	b'	c'	r^2	EP
FT-Cometa	0,08419	-0,01045	0,003914	0,78**	3,3
Ocepar 6	0,09250	-0,00978	0,002892	0,89**	2,4
Ocepar 3	0,07323	-0,00848	0,002937	0,87**	2,8
BR-16	0,12149	-0,01286	0,003500	0,83**	3,6
Ocepar 14	0,09764	-0,01047	0,003051	0,85**	3,3
FT-Abyara	0,11298	-0,01151	0,002958	0,86**	3,3
Ocepar 8	0,08538	-0,00992	0,003197	0,77**	4,8
BR 83147	0,08518	-0,00915	0,002617	0,90**	3,4
Ocepar 9	0,05327	-0,00579	0,001909	0,78**	4,2

1D = Taxa de desenvolvimento (recíproca do número de dias entre Em-R1); $a' = d^{-1}$; $b' = h^{-1}$; $c' = ^\circ C^{-1}$; r^2 e erro padrão (E.P.) para regressão entre datas de floração previstas e observadas.

** Nível de significância ($p < 0,01$).

De forma geral, a previsão do modelo linear proposto por Hadley et al. (1984) apresentou desempenho adequado, com valor de r^2 superior a 0,77 para as cultivares e para a linhagem de soja em estudo. Os erros padrão para comparação do modelo linear para previsão do florescimento em função dos dados observados de floração variaram entre 2,4 e 4,8 dias (Tabela 2). Constable & Rose (1988) observaram também adequado desempenho do modelo para prever o florescimento em nove cultivares de soja. Resultados semelhantes foram também observados em outras três cultivares de soja por Summerfield et al. (1989). Em experimento para prever o florescimento, Sinclair et al. (1991) observaram que, apesar de os modelos linear e logístico estudados apresentarem desempenho adequados, o modelo linear apresentou maior variação entre as datas observadas e calculadas. Contudo, a grande simplicidade do modelo linear e a facilidade com a qual os coeficientes podem ser obtidos por regressão linear múltipla faz do modelo linear uma opção atrativa para uso na previsão da data de florescimento em soja.

A comparação dos coeficientes para fotoperíodo (b') entre genótipos evidenciou que cultivares de maturação mais tardia (FT-Abyara) e média (BR-16) apresentaram valores mais baixos, o que poderia indicar maior efeito inibitório de fotoperíodo longo na taxa de desenvolvimento dessas cultivares (Tabela 2). Para o subperíodo em estudo, o fotoperíodo crítico observado entre genótipos, foi menor nos de maturação tardia

(FT-Abyara e BR-16), indicando que a taxa de desenvolvimento nessas cultivares deixou de responder ao fotoperíodo em valores mais baixos que as demais (Tabela 2).

O maior coeficiente para temperatura (c') foi observado na cultivar mais precoce (FT-Cometa), indicando que a taxa de desenvolvimento foi maior com o aumento da temperatura, em comparação às demais. De forma geral, para as cultivares precoces, o efeito da temperatura parece ser mais importante que o do fotoperíodo.

Entre as cultivares e a linhagem com período juvenil longo, observou-se uma variação em seus comportamentos. A cultivar Ocepar 9 apresentou maior retardamento em florescimento, sob condições de estímulo ao desenvolvimento, maior coeficiente para fotoperíodo, e o menor, quanto à temperatura, entre todos os genótipos estudados. Tal comportamento é indicativo de grupo de maturação tardia. Wilkerson et al., (1989) também encontraram aumento substancial no período até floração, para uma linhagem de soja com período juvenil longo, em comparação com outras cultivares, mesmo quando as condições de crescimento foram favoráveis para alta taxa de desenvolvimento (temperaturas de 26 °C e fotoperíodo de 9 horas). Por outro lado, a cultivar Ocepar 8 e a linhagem BR 83147, também caracterizadas por período juvenil longo, mostraram índices para fotoperíodo e para temperatura, muito semelhantes aos das demais cultivares e diferentes em rela-

ção aos da cultivar Ocepar 9. Sinclair et al. (1991) observaram em uma linhagem com período juvenil longo (PI 159925) que os coeficientes (b' e c') para os modelos estudados eram indicativos de cultivares precoces. Esse comportamento adverso entre esse grupo de genótipos pode representar a diferença de sensibilidade entre eles ao fotoperíodo indutivo experimentado. Nesse sentido, até mesmo a fase juvenil tem sido apontada como sensível ao fotoperíodo (Wang et al., 1998) e que a taxa de desenvolvimento depende do fotoperíodo experimentado. Dessa forma, e independente do grande esforço da pesquisa, existem ainda dúvidas sobre a fase juvenil em soja, o que pode dificultar o entendimento do comportamento em campo das cultivares assim chamadas juvenis.

A aplicação do modelo de regressão linear gerado sobre os dados que originaram nos dois anos de estudo revelaram elevada precisão do modelo ($r^2 = 0,903$, $p < 0,01$, $n = 90$) (Figura 1) na previsão da data de florescimento.

Para visualizar melhor o efeito da temperatura e do fotoperíodo na taxa de desenvolvimento de soja, apresenta-se na Figura 2 a curva de resposta da cultivar BR-16. Nessa curva, observa-se o grande efeito inibitório de fotoperíodos longos e baixas temperaturas na taxa de desenvolvimento.

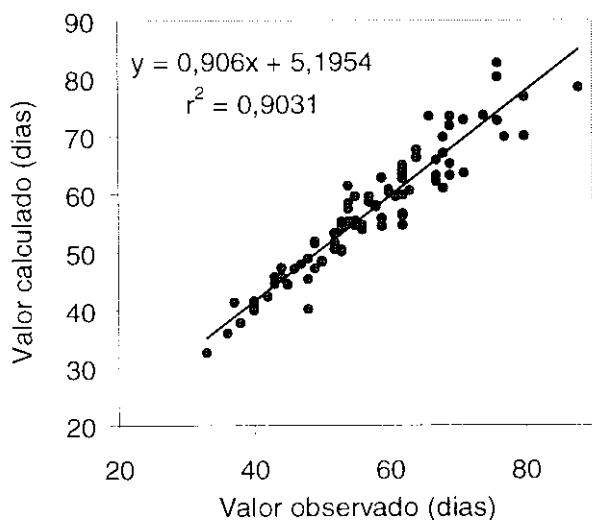


Figura 1. Modelo linear para prever o número de dias entre a emergência e o florescimento em soja.

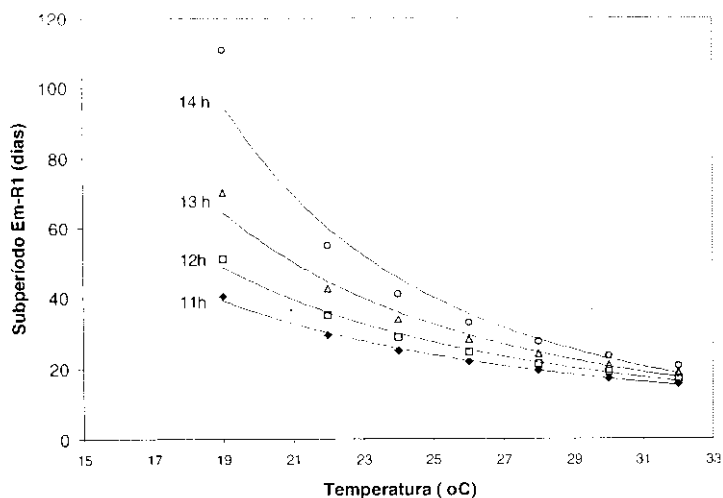


Figura 2 . Número de dias para o florescimento da cultivar BR-16 em função da temperatura e do fotoperíodo, usando o modelo linear.

O fotoperíodo crítico varia de acordo com a temperatura, tornando-se maior com o aumento desta. Nos genótipos em estudo, o fotoperíodo crítico foi estimado a partir do modelo estudado e aumentou à taxa de $16,2$ minutos $^{\circ}\text{C}^{-1}$ para a cultivar Ocepar 14. Da mesma forma, a temperatura basal variou com o fotoperíodo à taxa de $3,7$ $^{\circ}\text{C h}^{-1}$ de aumento no fotoperíodo, para a mesma cultivar.

Os coeficientes desenvolvidos para cada cultivar, no modelo, foram validados com datas de floração de outros experimentos, usando dados de quatro cultivares de diferentes grupos de maturação (FT-Cometa, Ocepar 14, BR-16 e FT-Abyara) em dois locais diferentes, em cinco anos distintos (Figura 3). Mesmo assim, apesar da grande faixa de combinação entre fotoperíodo e temperatura abrangida neste estudo através da variação das datas de semeadura e da validação com dados obtidos em vários anos em diferentes estudos, cuidados são requeridos na extrapolação para outros genótipos de coeficientes obtidos no modelo apresentado. Para os mesmos genótipos, cuidados semelhantes devem ser tomados, especialmente na extrapolação para ambientes, nos quais ocorrem variações substanciais no regime de temperatura e de fotoperíodo (grandes áreas geográficas).

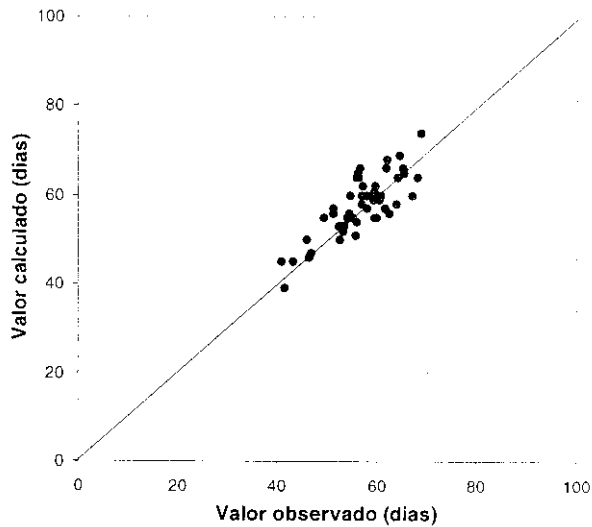


Figura 3. Validação do modelo linear para prever o número de dias entre a emergência e o florescimento (R1) em soja. Os valores foram obtidos a partir de informações das cultivares, FT-Cometa, Ocepar 14, BR-16 e FT-Abyara, nos anos entre 1992 e 1997. A linha representa a relação 1:1.

Conclusões

O modelo de regressão linear múltipla mostrou-se adequado para representar o período de duração (dias) entre a emergência e o florescimento, para os resultados obtidos nos dois anos de estudo com os genótipos testados. Além disso, a análise de regressão múltipla mostrou que a duração do período entre a emergência e o florescimento

é afetada pela temperatura e pelo fotoperíodo. A sensibilidade dos genótipos a esses fatores (temperatura e fotoperíodo) foi manifestada por meio de distintos coeficientes.

O fotoperíodo crítico e a temperatura basal variaram com a temperatura e com o fotoperíodo, respectivamente, para os genótipos em estudo.

Referências Bibliográficas

CONSTABLE, G. A.; ROSE, I. A. Variability of soybean phenology response to temperature, daylength, and rate of change in daylength. **Field Crops Research**, v. 18, p. 57-69, 1988.

DE WIT, C. T.; BROUWER, R.; PENNING DER VRIES, F. W. T. The simulation of photosynthetic systems. In: SETLIK, I. (Ed.). **Prediction and measurement of photosynthetic productivity**. Wageningen: PUDOC, 1970. p. 47-70.

FEHR, W. R.; CALVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development description for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 929-931, 1971.

GARNER, W. W.; ALLARD, H. A. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. **Journal of Agricultural Research**, v. 41, p. 719-735, 1930.

HADLEY, P.; ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J.; MINCHIN, F. R. Effects of temperature and photoperiod on flowering in soya bean [*Glycine max* (L.) Merrill]: a quantitative model. **Annals of Botany**, v. 53, p. 669-681, 1984.

HODGES, T.; FRENCH, V. Soyphen: soybean growth stages modeled from temperature, daylength, and water availability. **Agronomy Journal**, v. 77, p. 500-505, 1985.

JONES, P. G.; LAING, D. R. Simulation of the phenology of soybeans. **Agricultural Systems**, v. 3, p. 295-311, 1978.

JONHSON, H. W.; BORTHWICK, H. A.; LEFFEL, R. C. Effects of photoperiod and time of planting on rates of development of the soybean in various stages of the life cycle. **Botanical Gazette**, v. 22, p. 77-95, 1960.

LAWN, R. J.; BYTH, D. E. Response of soya beans to planting date in South-Eastern Queensland. I. Influence of photoperiod and temperature on phasic development patterns. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 24, p. 67-80, 1973.

LIST, R. J. **Smithsonian meteorological tables**. 6 ed. Washington: Smithsonian Institution, 1951. 527 p. (Smithsonian Miscellaneous Collections, 114).

MAJOR, D. J.; JOHNSON, D. R.; TANNER, J. W.; ANDERSON, I. C. Effects of daylength and temperature on soybean development. **Crop Science**, v. 15, p. 174-179, 1975.

PARKER, M. W.; BORTHWICK, H. A. Influence of temperature on photoperiodic reactions in leaf blades of Biloxi soybean. **Botanical Gazette**, v. 104, p. 612-619, 1943.

PASCALE, A. J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria**, v. 17, p. 31-38, 1969.

SHANMUGASUNDARAM, S.; TSOU, S. C. S. Photoperiod and critical duration for flower induction in soybean. **Crop Science**, v. 18, p. 598-601, 1978.

SINCLAIR, T. R.; KITANI, S.; HINSON, K.; BRUNIARD, J.; HORIE, T. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. **Crop Science**, v. 31, p. 786-790, 1991.

STEINBERG, R. A.; GARDNER, W. W. Response of certain plants to length of day and temperature under controlled conditions. **Journal of Agricultural Research**, v. 52, p. 943-960, 1936.

SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E. H.; LAWN, R. J. Measurement and prediction of flowering in soybeans in fluctuation field environment. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., 1989, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: Argentina Soybeans Association, 1989. p. 82-87.

WANG, Z.; REDDY, R. V.; ACOCK, M. C. Testing for early photoperiod insensitivity in soybean. **Agronomy Journal**, v. 90, p. 389-392, 1998.

WANG, Z.; REDDY, R. V.; QUEBEDEAUX, B. Growth and photosynthetic responses of soybean to short-term cold temperature. **Environmental Experimental Botany**, v. 37, p. 13-24, 1997.

WILKERSON, G. G.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; BUOL, G. S. Photoperiodically sensitive interval in time to flower of soybean. **Crop Science**, v. 29, p. 721-726, 1989.

Equipe Técnica Multidisciplinar da Embrapa Trigo

Chefe-geral

Benami Bacaltchuk - Ph.D.

Chefe Adjunto de Administração

João Carlos Ignaczak - M.Sc.

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Eloir Denardin - Dr.

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

João Francisco Sartori - M.Sc.

Nome	Gra- duação	Área
Airton N. de Mesquita	M.Sc.	Fitotecnia
Alfredo do Nascimento Jr.	Dr.	Fitotecnia
Amarilis Labes Barcellos	Dra.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Ana Christina A. Zanatta	M.Sc.	Fitotecnia
Antônio Faganello	M.Sc.	Fitotecnia
Arcenio Sattler	M.Sc.	Fitotecnia
Ariano Moraes Prestes	Ph.D.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Armando Ferreira Filho	M.Sc.	Fitotecnia
Aroldo Gallon Linhares	M.Sc.	Fitotecnia
Cantídio N.A. de Sousa	M.Sc.	Melhoramento Vegetal
Claudia de Mori	M.Sc.	Sócio-economia
Dirceu Neri Gassen	M.Sc.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Delmar Pöttker	Ph.D.	Manejo e Conserv. do Solo/Nutrição de Plantas
Edson Clodoveu Picinini	M.Sc.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Edson J. Iorczeski	Ph.D.	Melhoramento Vegetal
Eliana Maria Guarienti	M.Sc.	Pós-colheita, Transfor. Agrícola e Nutrição
Emídio Rizzo Bonato	Dr.	Melhoramento Vegetal
Erivelton Scherer Roman	Ph.D.	Fitotecnia
Euclides Minella	Ph.D.	Melhoramento Vegetal
Gabriela E.L. Tonet	Dra.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Geraldino Peruzzo	M.Sc.	Manejo e Conserv. do Solo/Nutrição de Plantas

Nome	Gra- duação	Área
Gerardo Arias	Dr.	Melhoramento Vegetal
Gilberto Bevilaqua	Dr.	Fitotecnia
Gilberto Omar Tomm	Ph.D.	Fitotecnia
Gilberto Rocca da Cunha	Dr.	Monitoramento Ambiental
Henrique P. dos Santos	Dr.	Fitotecnia
Irineu Lorini	Ph.D.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Jaime Ricardo T. Maluf	M.Sc.	Monitoramento Ambiental
Joaquim S. Sobrinho	Dr.	Melhoramento Vegetal
João Carlos Haas	M.Sc.	Biologia Avançada
José Antônio Portella	Dr.	Fitotecnia
José M.C. Fernandes	Ph.D.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
José Roberto Salvadori	Dr.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Julio Cesar B. Lhamby	Dr.	Fisiologia Vegetal
Leila Maria Costamilan	M.Sc.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Leo de Jesus A. Del Duca	Dr.	Melhoramento Vegetal
Luiz Ricardo Pereira	Dr.	Fitotecnia
Márcio Só e Silva	M.Sc.	Fitotecnia
Marcio Voss	Dr.	Manejo e Conserv. do Solo/Nutrição de Plantas
Maria Imaculada P.M. Lima	M.Sc.	Controle Integrado de Pragas e Doenças
Martha Z. de Miranda	Dra.	Pós-colheita, Transfor. Agroind. e Nutrição
Mauro Cesar C. Teixeira	Dr.	Fisiologia Vegetal
Osmar Rodrigues	M.Sc.	Fisiologia Vegetal
Paulo F. Bertagnolli	Dr.	Melhoramento Vegetal
Pedro Luiz Scheeren	Dr.	Melhoramento Vegetal
Rainoldo A. Kochhann	Ph.D.	Manejo e Conserv. do Solo/Nutrição de Plantas
Renato Serena Fontaneli	Ph.D.	Fitotecnia
Roque G.A. Tomasini	M.Sc.	Sócio-economia
Sandra Cristina K. Milach	Dra.	Biologia Avançada
Sandra Patussi Brammer	Ph.D.	Biologia Avançada
Silvio Tulio Spera	M.Sc.	Manejo e Conserv. do Solo/Nutrição de Plantas
Sírio Wiethölter	Ph.D.	Manejo e Conserv. do Solo/Nutrição de Plantas
Wilmar Cório da Luz	Ph.D.	Controle Integrado de Pragas e Doenças

Embrapa

Trigo



**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil