

Exigência térmica da cultura da soja para a região de Cascavel - Paraná

Willian Tenfen Wazilewski¹, Reginaldo Ferreira Santos^{1;2} e Douglas Bassegio²

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura – Nível Mestrado *Stricto Sensu*. Rua Universitária, 2069 – CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR.

²Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia. Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR.

tw.willian@gmail.com, rfsantos@unioeste.br

Resumo: A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é de suma importância para o desenvolvimento da região oeste do Paraná. A fenologia é o ramo da ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e suas relações com as condições do ambiente. O fotoperíodo e a temperatura são importantes para o desenvolvimento da cultura da soja, por provocarem mudanças qualitativas ao longo do seu ciclo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a exigência térmica da cultura da soja para a região de Cascavel-PR. Este estudo considerou dados meteorológicos da região de Cascavel – PR e resultados de ensaios realizados com soja na mesma região. Utilizou-se o método dos graus-dias acumulados para determinar a exigência térmica da cultura. Verificou-se que não ocorreu diferença média significativa nos graus-dias acumulados para a cultura completar o ciclo de maturação enquanto que houve grande variação para o período entre a emergência e o início da floração, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Com isto, observa-se que somente com dados da temperatura do ar não é possível determinar o início do florescimento da cultura em condições de campo, porém pode-se estimar a exigência térmica para todo o ciclo da cultura.

Palavras-chave: fenologia, fotoperíodo, meteorologia

Thermal demand of soybean crops at the region of the city of Cascavel - Paraná

Abstract: The soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop has a huge importance for the economic development of the western region of the state of Paraná - Brazil. Phenology is the branch of ecology that studies the periodic phenomena of living beings and their relationships with environmental conditions. The photoperiod and temperature are important for the development of the soybean crop, because it can cause qualitative changes over the cycle. This study considered the region's meteorological data from the city of Cascavel - PR and results of tests made with soybeans in the same region. The method of accumulated degree-days was used to determinate the thermal demand of the culture. It was found that there was no significant mean difference in the accumulated degree-days for the culture complete it's maturation cycle while there was a great variation for the period between emergence and beginning of flowering, by the Tukey test at 5% probability. With this, it is observed that only air temperature data cannot determinate the beginning of the flowering of culture under field conditions, but it can be useful for estimate the thermal demand for the entire crop cycle.

Key words: phenology, photo-period, meteorology

Introdução

A utilização das culturas energéticas pode ser um grande acontecimento para atingir-se a sustentabilidade dos processos de produção, no momento em que estas vêm para substituir completa ou parcialmente os combustíveis fósseis. O biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis e aditivos derivados de fontes renováveis, como dendê, babaçu, soja, palma, mamona, entre outras. Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação (Lima, 2004).

A soja sendo uma cultura energética, que atualmente é cultivada em larga escala no Brasil e que atingiu uma produção nacional de 68,71 milhões de toneladas no ano agrícola de 2009/2010 (CONAB, 2010), pode ser uma forte candidata à principal matéria prima para a produção de biodiesel. Sendo assim, devemos entender melhor às necessidades e a interação desta cultura com o ambiente para o seu cultivo para poder chegar à obtenção de altos rendimentos de produtividade.

A fenologia é o ramo da Ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e suas relações com as condições do ambiente, tais como temperatura, luz, umidade, etc. As espécies vegetais, de acordo com o ciclo de desenvolvimento, podem ser anuais, que cumprem todo o seu desenvolvimento dentro de um mesmo ano ou perenes, cujos indivíduos permanecem vivos por diversos anos. Há, ainda, exemplos de espécies bienais que necessitam de dois anos para cumprir todo o ciclo vital (De Fina e Ravelo, 1973).

O fotoperíodo e a temperatura são importantes para o desenvolvimento da cultura da soja, por provocarem mudanças qualitativas ao longo do seu ciclo. As respostas a esses dois fatores não são lineares durante o ciclo de vida da cultura, pois existem subperíodos em que ela é incapaz de perceber esses sinais. Vários estudos têm caracterizado esses subperíodos, quanto à sensibilidade a temperatura e ao fotoperíodo, principalmente entre a emergência e a floração (Major *et al.*, 1975, *apud* Rodrigues *et al.*, 2001).

A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13°C. As diferenças de data de floração, entre anos, apresentadas por uma cultivar semeada numa mesma época, são devido às variações de temperatura. Assim, a floração precoce ocorre, principalmente, em decorrência de temperaturas mais altas, podendo acarretar diminuição na altura de planta. Esse problema pode se agravar se, paralelamente, houver insuficiência

hídrica e/ou fotoperiódica durante a fase de crescimento. Diferenças de data de floração entre cultivares, numa mesma época de semeadura, são devido, principalmente, à resposta diferencial das cultivares ao comprimento do dia (EMBRAPA, 2008).

A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado. Por isso, a soja é considerada planta de dia curto. Em função dessa característica, a faixa de adaptabilidade de cada cultivar varia à medida que se desloca em direção ao norte ou ao sul. Entretanto, cultivares que apresentam a característica “período juvenil longo” possuem adaptabilidade mais ampla, possibilitando sua utilização em faixas mais abrangentes de latitudes (locais) e de épocas de semeadura.

A sensibilidade fotoperiódica varia com o genótipo, e o grau de resposta ao estímulo fotoperiódico é o principal determinante da área de adaptação das diferentes cultivares. Nas cultivares de soja sensíveis, a resposta ao fotoperíodo é quantitativa, e não absoluta, o que significa que a floração 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 seu potencial de rendimento. Cultivares de maturação tardia são geralmente mais sensíveis ao fotoperíodo do que cultivares precoces (Lawn & Byth, 1973, *apud* Rodrigues, 2001).

O número mínimo de ciclos de fotoperíodo indutivo, necessário para completar o processo de indução floral, é variável entre as espécies. Algumas plantas são extremamente rápidas em completar a resposta fotoperiódica, bastando um dia apenas, enquanto que outras são mais lentas, exigindo vários dias para completar o processo. Segundo Vince-Prue (1975), a soja necessita de 2 a 3 dias com fotoperíodo favorável para que ocorra a indução floral. Em relação à exigência do fluxo luminoso, este é muito baixo, em torno de 0,1 lux para a soja cultivar Biloxi, segundo o mesmo autor. Considerando-se isto, o cálculo da duração do dia natural deve levar em conta a luz do crepúsculo civil, tanto matutino como vespertino, já que nestes intervalos o sol encontra-se -6° abaixo do horizonte e emite um fluxo luminoso de 2 lux.

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Desempenha a função de solvente, através do qual, gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem-se pela planta. Tem, ainda, papel importante manutenção e distribuição do calor. A semente de soja necessita absorver,

no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50%. A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após esse período. Déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (EMBRAPA, 2008).

Os graus-dia acumulados (GDA) ou unidades térmicas, ou ainda graus de calor, são parâmetros apropriados para determinar, em diversas regiões, o tempo necessário entre o florescimento e a maturação das diversas cultivares e espécies vegetais. Os GDA podem ser determinados somando-se todas as horas diárias em que as plantas estão em atividade vegetativa, ou seja, para a soja, todas as horas acima de 14°C e abaixo de 40°C. Na prática, usam-se as temperaturas médias mensais (Bernard, 1946, *apud* Montenegro, 1980).

Os métodos baseados no somatório de GD foram desenvolvidos para superar a inadequação do calendário diário à previsão de eventos fenológicos, identificação de melhores épocas de semeadura, escalonamento da produção e programação do melhoramento genético (Warrington e Kanemasu, 1983, *apud* Prela e Ribeiro, 2000). A soma dos GD também possibilita um planejamento mais adequado das épocas em que deverão ser efetuados os tratos culturais, as aplicações de fertilizantes e a programação da colheita, tanto no aspecto agrícola quanto administrativo e financeiro (Ometo, 1981).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a exigência térmica da cultura da soja para a região de Cascavel - PR.

Material e Métodos

O estudo foi efetuado para Cascavel, região oeste do Paraná, cujas coordenadas geográficas são: latitude 24°53'S, longitude 53°23'W e altitude média de 780 metros. Vianello e Alves (1991) definem o clima de Cascavel como temperado úmido, com temperatura média do ar do mês mais quente acima de 22°C e precipitação pluvial média anual de 2000 mm.

O período em estudo foram os anos agrícolas 2006/2007; 2007/2008; 2008/2009 e 2009/2010. Os dados de precipitação, temperatura mínima, máxima e média do ar foram

obtidos da estação meteorológica do Instituto Tecnológico SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), localizada na Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. (COODETEC) em Cascavel-PR.

As informações dos estádios fenológicos da cultura da soja foram obtidos de ensaios de VCU - Valor de Cultivo e Uso, cedidos pelo departamento de pesquisa da soja da COODETEC, os quais foram: Data da semeadura; data da emergência; data de início de florescimento (quando 50% das plantas apresentavam pelo menos uma flor) e maturação plena. As variedades estudadas pertencem ao mesmo grupo de maturação precoce, sendo elas às seguintes: CD 202; CD 213RR e CD 214RR.

Para realizar o cálculo dos graus-dia (GD), para a ocorrência das fases fenológicas da soja (*Glycine max.*), e também para avaliar a duração de cada subperíodo de desenvolvimento e determinar a quantidade de graus-dia, utilizou-se a equação (1):

$$GD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{\max(t)} + T_{\min(t)}}{2} \right) - Tb$$

onde:

GD = graus-dia acumulado;

$T_{\max}$ = temperatura máxima diária do ar (°C);

$T_{\min}$ = temperatura mínima diária do ar (°C);

N = número de dias no período considerado;

Tb = Temperatura base da cultura. Adotou-se 14°C (Câmara, 1998).

O conceito de GDA também pode ser utilizado para caracterizar as exigências climáticas de uma cultura, utilizando o Índice biometeorológico, que correlaciona os graus-dia com a insolação e a precipitação (Primault, 1969, *apud* Pedro, Jr. *et al.*, 1994).

Resultados e Discussão

Pela Tabela 1, podemos observar que para atingir o início do florescimento levaram-se em média 47,83 dias a partir da emergência, porém apresentado um alto coeficiente de variação, 17,44%, se comparado ao período necessário para atingir à maturação plena que apresentou apenas 5,49%. Isto corrobora com as informações encontradas na literatura de que a soja é uma planta que necessita de um estímulo apropriado para conseguir-se a indução floral, segundo Rodrigues *et al.* (2001) e EMBRAPA (2008) as respostas às variações de

temperatura e fotoperíodo são diferentes para cada cultivar, sendo que as de ciclo precoces são menos sensíveis à tais estímulos.

A Tabela 2 apresenta os valores da soma dos graus-dias calculados a partir da equação (1), a média destes apresentou um coeficiente de variação alto para o período emergência-floração, se comparado ao período emergência-maturação, comportamento semelhante aos dias necessários para o início da floração e maturação plena, discutido anteriormente. O total de graus-dia acumulado para as variedades de soja, pertencentes ao grupo de maturação precoce, atingir o início da floração variou de 398 a 567, com média de 469. Já para o período entre a emergência e a maturação o total variou de 1078 a 1217, com média de 1166. Souza *et al.* (2010) obteve para uma variedade de soja precoce na região do nordeste do Pará, exigências variando de 388 a 455 com média de 414 graus-dia para atingir a floração e 1185 a 1227 com média de 1200 para atingir a maturação plena.

Tabela 1 - Informações fenológicas dos ensaios de VCU de soja e temperaturas médias no período dos ciclos em estudo

Variedade	Data Semeadura	Dias Emergência	Dias Floração	Dias Maturação	Temperatura Média	
					E – FL*	E- MA*
CD 202	08/11/06	7	42	112	23,92°C	23,88°C
	06/11/07	7	52	125	23,40°C	23,07°C
	13/11/08	7	54	112	23,50°C	23,63°C
	03/11/09	7	39	110	24,00°C	24,04°C
CD 213RR	08/11/06	7	44	122	23,92°C	23,90°C
	06/11/07	7	52	130	23,40°C	23,03°C
	13/11/08	7	58	122	23,40°C	23,66°C
	03/11/09	7	38	118	24,00°C	23,91°C
CD 214RR	08/11/06	7	44	122	23,92°C	23,90°C
	06/11/07	7	54	128	23,30°C	23,03°C
	13/11/08	7	61	122	23,30°C	23,66°C
	03/11/09	7	36	119	23,98°C	23,90°C
Média			47,83	120,27		
*C.V.			17,44%	5,49%	1,26%	1,59%

* E-FL= Período entre a emergência e o início do florescimento; E-MA= Período entre a emergência e a maturação plena; C.V. = coeficiente de variação.

O ciclo 2009/2010 apresentou o menor período entre a emergência e floração, observado na tabela 3, isto pode ter ocorrido devido à semeadura neste ano ter sido a mais próxima do início do mês de novembro, o que submeteu às plantas a fotoperíodos menores nos primeiros dias após a emergência, e ainda associados a temperaturas máximas elevadas, em relação aos outros anos, acarretou na antecipação da floração. Ramesh e Gopalaswamy (1991), encontraram resultados semelhantes, observaram que temperaturas mais elevadas associadas a um fotoperíodo variando de vinte a trinta minutos a menos, durante a estação do

verão, resultou em antecipação dos estádios fenológicos da soja. Em condições de casa de vegetação, Câmara *et al.* (1997) encontrou que o acréscimo de 1°C resultou na antecipação de 5,4 dias na floração de soja em condições de dia curto (12h). Outros fatores também podem interferir nos dias necessários para ocorrer a indução floral como, por exemplo, tanto o excesso como a insuficiência hídrica.

Tabela 2 - Graus-Dia Acumulados (GDA) para soja na região de Cascavel-PR, acima da temperatura base de 14°C, para os períodos Emergência - Floração e Emergência - Maturação

Variedade	Data	Floração		Maturação	
		Dias	GDA	Dias	GDA
CD 202	15/11/2006	42	416,6	112	1106,1
	13/11/2007	52	486,2	125	1133,3
	20/11/2008	54	510,9	112	1078,9
	10/11/2009	39	430,5	110	1144,5
Média/C.V.			461,0 / 9,72		1115,7 / 2,61
CD 213RR	15/11/2006	44	436,5	122	1208,2
	13/11/2007	52	486,2	130	1173,8
	20/11/2008	58	543,6	122	1178,1
	10/11/2009	38	420,4	118	1209,1
Média/C.V.			471,6 / 11,77		1166,5 / 3,69
CD 214RR	15/11/2006	44	436,5	122	1208,2
	13/11/2007	54	504,4	128	1156,8
	20/11/2008	61	567,8	122	1178,1
	10/11/2009	36	398,8	119	1217,5
Média/C.V.			476,88 / 15,66		1164,6 / 3,98
Média			469,8 ($\pm 15,7$)*		1166 ($\pm 12,67$)*
C.V. (%)			11,57		3,76

*Valores em parêntesis representam o erro padrão da média; C.V.= coeficiente de variação, expresso em porcentagem (%).

Tabela 3 - Teste de comparação de médias, entre os anos agrícolas em estudo, para os dias necessários para atingir a floração e a maturação plena

Ano	Dias entre os períodos	
	Emergência-Floração	Emergência-Maturação
2006	43.33 b	118,66 a
2007	52.00 c	127,66 a
2008	57.66 d	118,66 a
2009	37.66 a	115,66 a
*C.V.	15,66%	3,43%

Valores na mesma coluna seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância. *C.V. = Coeficiente de variação (%).

Pela tabela 4, verifica-se que não existe diferença média significativa para o GDA da soja atingir a maturação plena. Já para o período entre a emergência e a floração todos os anos analisados foram estatisticamente diferentes entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Teste de comparação de médias, entre os anos agrícolas em estudo, para os Graus-dia Acumulados (GDA) necessários para a soja atingir a floração e a maturação plena

Ano	Graus-dia Acumulados entre os períodos	
	Emergência-Floração	Emergência-Maturação
2006	429.00 b	1174.32 a
2007	492.03 c	1154.57 a
2008	540.45 d	1144.66 a
2009	416.26 a	1190.16 a
*C.V.	16,36%	3,67%

Valores na mesma coluna seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância. *C.V. = Coeficiente de variação (%).

Conclusões

Não foram observadas diferenças significativas na exigência térmica da cultura da soja de ciclo precoce, na região de Cascavel-PR, para sua completa maturação. Porém para o período entre a emergência e a floração todos os anos em estudos apresentaram graus-dia acumulados (GDA) estatisticamente diferentes entre si.

Isoladamente o fator temperatura do ar não se mostra capaz de prever o início do florescimento da soja, sendo assim, necessita-se pesquisar outras variáveis como o fotoperíodo e a evapotranspiração para que, juntamente, estas variáveis possam resultar em uma equação capaz de prever com acuidade o tempo para a floração da soja em condições de campo.

Agradecimentos

Ao Instituto Tecnológico SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) pela concessão dos dados de sua estação meteorológica.

Ao Departamento de Pesquisa de Soja da Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda, de Cascavel – Paraná por ceder dados fenológicos de seus ensaios à campo.

Referências

ANP – Agência do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim mensal de Biodiesel Janeiro de 2010.**

CÂMARA, G.M.S. Fenologia da Soja. Informações Agronômicas Nº 82. Instituto da Potassa e do Fosfato. **Potafos**, p.6, 1998.

CÂMARA, G.M.S.; SEDIYAMA. T.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M.S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 54, n. spe, June, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2010. Brasília, **Conab**, 2010.

DE FINA, A.L. ; RAVELO, A.C. Fenologia. In: De Fina, A.L. e Ravelo, A.C. Climatologia y Fenologia Agrícolas, Buenos Aires, **EUDEBA**, p.201-209, 1973.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2009 e 2010.** Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 262p. 2008.

LIMA, P.C.R. “O Biodiesel e a Inclusão Social” Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados - **Biblioteca Digital**, Brasília, 2004.

MONTENEGRO, H.W.S., Clima e solo. In: RODRIGUES, O., VIEIRA, F.C.P. **Citricultura brasileira.** Campinas, Fundação Cargil, v.1, p.227-239, 1980.

OMETO, J.C., **Bioclimatologia Vegetal.** Editora Ceres, São Paulo, SP, 400p., 1981.

PEDRO, Jr, M.J.; POMMER, C.V.; PICARELLI, F. Curvas de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis para a videira ‘Niagara rosada’ com base em dados meteorológicos. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.2, p. 317-321, 1997.

PRELA, A., RIBEIRO, A.M.A. Soma de graus-dia para o sub-período semeadura-maturação do amendoazeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.321-324, 2000.

RAMESH, P. AND GOPALASWAMY, N. Heat Unit Requirement and Prediction of Developmental Stages in Soybean. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 167: 236–240. 1991.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília**, v. 36, n. 3, p. 431-437, março 2001.

SOUZA, P.J.O.P.; ABREU, J.P.M.M.; ROCHA, E.J.P.; RIBEIRO, A. Exigência térmica da soja nas condições climáticas da Amazônia. XVI CBMET - Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais - Agrometeorologia, Micrometeorologia e Hidrometeorologia.** 2010.

VINCE-PRUE, D. **Photoperiodism in plants**. London: McGraw Hill, 444p., 1975.