



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Efeito das condições térmicas no crescimento e desenvolvimento da soja avaliado em sistema de plantio direto e convencional¹

Artur Gustavo Muller²; Alessandra Duarte de Oliveira³; Douglas Gomes Guimarães⁴; Amanda Souza Lima⁵; Wênia S. dos Reis Dias⁶; Cid Árley Neres de Sousa⁷

¹ Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 ago. 2015

² Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, artur.muller@embrapa.br

³ Pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, alessandra.duarte@embrapa.br

⁴ Estudante de graduação em agronomia na UNB, Brasília, DF, douglasguimaraes.df@hotmail.com

⁵ Estudante de graduação em Geografia, UEG, Formosa, GO, uegamandasouza@gmail.com

⁶ Estudante de graduação em Geografia, UEG, Formosa, GO, wenia.dias@colaborador.embrapa.br

⁷ Estudante de graduação em Gestão Ambiental, Universidade de Brasília - UnB, Planaltina, DF, cidarley2012@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho identificar as necessidades térmicas da soja BRS 110016 e sua resposta no acúmulo de matéria seca aérea em área de plantio direto e convencional, para servir de referência para simulação de comportamento da cultura em locais ainda não avaliados. Em experimento de avaliação de sistemas de plantio de soja, variedade BRS 110016, foram realizados o acompanhamento do desenvolvimento da cultura três dias por semana, as amostragens, para determinação de área foliar e acúmulo de matéria seca aérea, a cada 14 dias e o monitoramento dos elementos meteorológicos. As necessidades para atingir R1, R5 e R7 foram, respectivamente, de 258,9; 394,9 e 683,2 graus dias, independente do sistema de plantio. O acúmulo de biomassa e a variação do índice de área foliar tiveram relação esperada com os graus dia acumulados e devem ser validados com dados de outros experimentos.

PALAVRAS-CHAVE: soja, graus dia, biomassa e índice de área foliar

Relationship between degrees day accumulated and the growth and development of soybeans cultivated in no-tillage and conventional system

ABSTRACT: The objective of this work was identifying the thermal needs of the BRAS 110016 soybean and its response in biomass accumulation and plants development. This reference can be used for behavior simulation in untested locations. Soybeans plants developments were monitored in three days a week and samples for determination of leaf area and shoot dry matter accumulation were done every 14 days, in an experiment with no-tillage and conventional system. The weather elements were monitored and registered every time. Independent of planting system soybeans needed to reach R1, R5 and R7 were, respectively, 258.9, 394.9 and 683.2 degrees day. The accumulation of biomass and the variation of leaf area index had expected relationship with the accumulated degree day and should be validated with data from other experiments.

KEY WORDS: soybeans, degree day, biomass and leaf area index

INTRODUÇÃO

O Cerrado tem um papel significativo para a economia do país, produzindo cerca de metade da safra de grãos (Medeiros, 2007), incluindo 42,2% da produção de soja (CONAB, 2015). A soja e o milho são os principais produtos cultivados no DF que somados representam 88,7% na estimativa da produção

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

regional e respondem com mais de 80% na área plantada, sendo 52.000 ha, cultivados com soja (CONAB, 2014). A cultura da soja, introduzida no Brasil no final do século XIX, teve expansão nas últimas três décadas com aumento considerável da área de cultivo, principalmente em decorrência do lançamento de novas cultivares mais adaptadas a diversas regiões e mais produtivas (EMBRAPA, 2006).

É cultivada em várias áreas do globo, desde regiões de clima temperado-frio, até regiões, quentes, porém, o sucesso da cultura está, na dependência de se utilizarem variedades adaptadas às condições climáticas da região, entre elas, temperatura, precipitação e fotoperíodo (EMBRAPA, 2011). A temperatura é um elemento meteorológico diretamente relacionado à adaptação, desenvolvimento e a produção eficiente da cultura. Para todas as plantas, observa-se uma tolerância em relação às temperaturas cardeais (BONHOMME, 2000). Apesar das limitações do fator térmico, muitos trabalhos justificam que a temperatura é a variável que melhor explica estatisticamente a duração fenológica das plantas (YANG et al., 1995; SETIYONO et al. 2007). Os valores ideais de temperatura do ar para o crescimento e desenvolvimento da soja são em torno de 30°C, mostrando efeitos adversos quando submetida a temperaturas acima de 40°C (FARIAS et al., 2007). O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10°C, a floração da soja somente é induzida com temperaturas acima de 13°C, sendo importante ressaltar que as diferenças da data de floração, entre cultivos, apresentadas por uma mesma cultivar semeada na mesma época e latitude, são devido às variações de temperatura que pode ser agravado caso haja insuficiência hídrica e/ou fotoperiódica durante a fase de crescimento (GIANLUPPI et al., 2009; EMBRAPA, 2011).

Um dos métodos utilizados para relacionar a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal é o de graus-dia acumulados (GDA) que se baseia na premissa de que uma planta necessita de certa quantidade de energia, representada pelos GDA, para atingir determinada fase fenológica ou seu ciclo total (ARNOLD, 1959, BRUNINI et al. 1976). A relação funcional entre o crescimento e o desenvolvimento relativo, em termos de graus-dia, fenologia e variação temporal do índice de área foliar, tem sido comumente utilizada para essa finalidade (DOURADO NETO, 1999). O conceito de graus-dia parte do seguinte princípio: o desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionado com o meio em cada fase fenológica ou no ciclo da cultura e é controlado a partir da soma térmica diária necessária para cada estágio. Os valores de soma térmica são diferentes entre as variedades de plantas (SCHOFFEL e VOLPE, 2002), assim como para os métodos de cálculo para esta soma térmica. Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo determinar as necessidades térmicas da soja superprecoce BRAS 110016, o índice de área foliar e a matéria seca sob sistema de plantio direto e convencional.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina, DF (15°35'33,99" S e 47°44'12,32" W e altitude de 1.035 m). O clima da região é estacional e corresponde ao tipo Aw-tropical chuvoso (Köppen), com presença de verões chuvosos de outubro a março e invernos secos de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1383,7 mm (Silva et al., 2014) e temperatura variando de 22°C a 27°C, em média (Klink & Machado, 2005). O solo da área experimental é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2011).

Foram avaliados dois tratamentos com três blocos cada, sendo um plantio direto e outro com preparo convencional. A área experimental foi cultivada com soja variedade superprecoce BRAS 110016 e ciclo aproximado de 100 dias. Foram realizadas seis amostragens destrutivas de 0,45 m², dentro de cada bloco para determinação da área foliar (AF) e acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS). O índice de área foliar foi estimado a partir das amostragens realizadas a cada duas semanas, durante o ciclo da cultura. Em cada data de amostragem foi determinado o estágio fenológico de acordo com a escala de Fehr e Caviness (1977).

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Foram retiradas subamostras, com duas plantas cuja AF foi determinada em integrador de área foliar para estimativa da área foliar específica, bem como pesadas a matéria seca das folhas da subamostra e da amostra, para estimativa da área foliar da amostra. Com base na área foliar específica estimada e na superfície ocupada pelas plantas foi estimado o índice de área foliar seguindo à equação:

$$IAF = \frac{MSf \cdot AFE}{S} \quad (1)$$

Sendo:

IAF - índice de área foliar

MSf - massa seca de folhas da amostra, g

AFE - área foliar específica em $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, sendo obtido pela divisão da área de folhas da sub amostra e a massa seca desta.

O sistema de representação empregado aqui divide o desenvolvimento da planta da emergência até o início do florescimento (R1), depois R5 que representa o enchimento de grãos e R7 que é a início de maturação.

A estimativa dos graus-dia acumulados ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}^{-1}$) após a emergência foi realizada a partir da equação:

$$GDA = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{Tmáx_i - Tmín_i}{2} \right) - Tb \right] \quad (2)$$

Sendo: *GDA*- total de graus-dia acumulados ao longo da fase ou ciclo; *n* - número de dias da emergência até a fase fenológica considerada; *Tmáx_i* - temperatura máxima registrada no dia *i*, $^{\circ}\text{C}$; *Tmín_i* - temperatura mínima registrada no dia *i*, $^{\circ}\text{C}$ e *Tb* - temperatura base da cultura da soja, de 14°C , de acordo com Pereira et al. (2002).

Para a determinação da deficiência hídrica foi utilizado o balanço hídrico ao nível diário adaptado de Thornthwaite e Mather (1955), sendo a deficiência obtida pela diferença entre a evapotranspiração máxima (*ETm*) e a evapotranspiração real (*ETr*).

A evapotranspiração máxima foi estimada pela multiplicação da evapotranspiração de referência (*ETo*) pelo o coeficiente de cultura (*Kc*). O *Kc* máximo, sugerido em publicação da FAO por Doorebos e Kassam (1979), foi utilizado quando o índice de área foliar é máximo, sendo estimado redução linear do *Kc* com a redução do *IAF* até o valor mínimo de *Kc* no período de instalação da cultura e final do ciclo da cultura. A evapotranspiração de referência foi estimada pela equação de Penman (1948):

A CAD estimada ao nível diário, considerando os seus acréscimos, durante o período de aprofundamento do sistema radicular, foi obtida pela equação:

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{mp}) \cdot z \quad (3)$$

sendo θ_{cc} a umidade volumétrica do solo em capacidade de campo, θ_{mp} a umidade volumétrica do solo em ponto de murcha permanente e *z* a profundidade de solo explorada pelo sistema radicular (mm).

Para a estimativa da CAD ao nível diário foi adequada do modelo de simulação da profundidade do sistema radicular adotado por Faria e Madramootoo (1996) para o trigo, em que o aprofundamento do sistema radicular é uma função linear do acúmulo de graus-dia, a partir da emergência das plântulas e estabiliza no florescimento, quando o sistema radicular atinge a profundidade máxima.

Os resultados da avaliação da soma térmica para a caracterização fenológica para a variedade de soja superprecoce BRAS 110016, determinados a partir de valores de temperatura do ar são apresentados na Tabela 1. O ciclo da cultura considerando o período da emergência até o estágio de início de maturação (R7) foram necessários apenas 87 dias e soma térmica de 683,2 graus dia (tabela 1). Por estarem nas mesmas condições ambientais as datas de ocorrência das fases fenológicas no plantio direto e convencional foram idênticas e por isto não foram apresentadas separadamente.

Tabela 1. Datas de ocorrência, dias após a emergência (DAE) e soma térmica da soja BRAS 110016.

Fase fenológica	Data	DAE	Soma térmica (°dia)
Emergência	27 de outubro		
R1	29 de novembro	33	258.9
R5	17 dezembro	51	394.9
R7	22 janeiro	87	683.2

Os valores de graus-dias acumulados para os subperíodos, R1 (início do florescimento) e R5 (início do enchimento de grãos) foram de 258,9 e 394,9, respectivamente (Tabela 1). O início do florescimento foi atingido aos 33 dias após o plantio, quando as plantas ainda não tinham emitido o sexto trifólio. Contudo esse valor de graus dia pode ter sido influenciado pela ocorrência de deficiência hídrica no período de crescimento inicial da soja, propiciando atraso no crescimento. Segundo Souza et al. (2007) trabalhando com soja, na região Amazônica foram necessários cerca de 455 até o florescimento e para a colheita, a soja apresentou exigência térmica entre 1185 e 1227 graus-dias, superior a encontrada neste trabalho. Oliveira et al. (2011) obtiveram valores mais elevados para soja, com exigência de 1065 graus dia desde a semeadura até a maturação fisiológica, nas mesmas condições do presente estudo, porém, com material genético de ciclo tardio.

Para caracterizar as condições hídricas foi realizado um balanço hídrico que demonstrou ter ocorrido dois períodos com deficiência, no crescimento inicial da soja (VE-V4) e no período de enchimento de grãos (R5-R7). Durante a instalação da cultura, ocorreu a deficiência de 8,66 mm de água, provocando o consumo relativo de 77% da demanda hídrica, o que dificultou o crescimento inicial das plântulas, porém nos períodos de V4-R1 e R1-R5 não foram observadas elevadas deficiências e excessos hídricos e a cultura teve boas condições hídricas para o seu desenvolvimento. No período entre R5 e R7 ocorreu deficiência de 101,14 mm de água, provocando o consumo relativo de 71% da demanda hídrica, o que dificultou o enchimento de grãos e o final do florescimento.

A evolução do índice de área foliar durante o ciclo da soja, acompanhado pela soma térmica, apresenta inicialmente tendência de aumento linear, seguida da fase de estabilidade no seu valor máximo e finaliza numa abrupta redução após a maturação (Figura 1). Apesar do sistema de plantio convencional apresentar duas amostras fora da descrição acima, nenhuma data apresentou diferenças significativas de índice de área foliar entre os sistemas de plantio. Apesar da deficiência hídrica no período de crescimento inicial da soja a velocidade de instalação da superfície foliar não apresenta redução aparente podendo ter sido compensado pela densidade e espaçamento utilizados.

O IAF máximo de 5,1 (plantio direto) e 4,3 (plantio convencional), resultado semelhante ao encontrado por Toledo et al. (2010) que observou IAF para soja superior a 5,0, contudo para a soja

BRAS 110016 este foi atingido quando a soja estava em R5 (enchimento de grãos), enquanto nas sojas de crescimento determinado esta ocorre durante o início do florescimento.

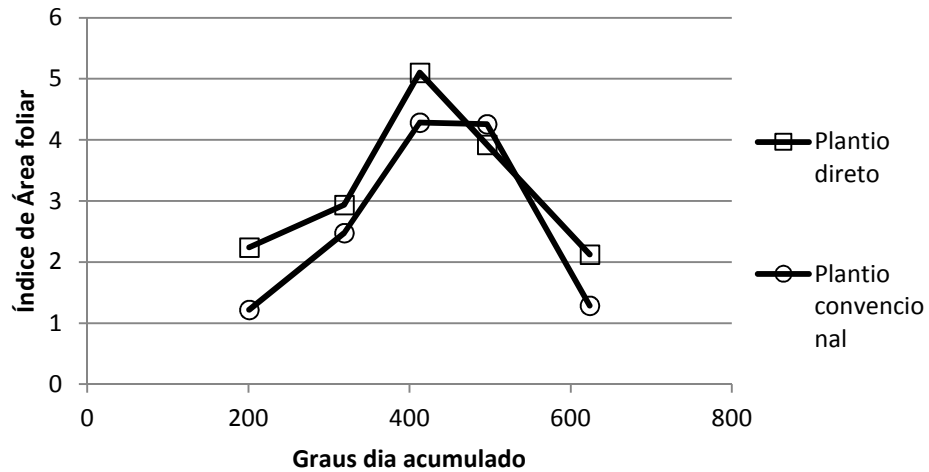


Figura 1. Evolução do Índice de Área Foliar (IAF) com o acúmulo de graus dia durante o ciclo da soja BRAS 110016.

A Figura 2 apresenta a evolução da matéria seca para a cultura da soja, nos sistemas de plantio direto e convencional. Não foram observadas diferenças significativas de acúmulo de matéria seca aérea entre os sistemas de plantio. O acúmulo de matéria seca aérea durante o ciclo da soja, acompanhado pela soma térmica, seguiu uma tendência sigmoide. Também não foi observado efeito de deficiência hídrica sobre o acúmulo de biomassa.

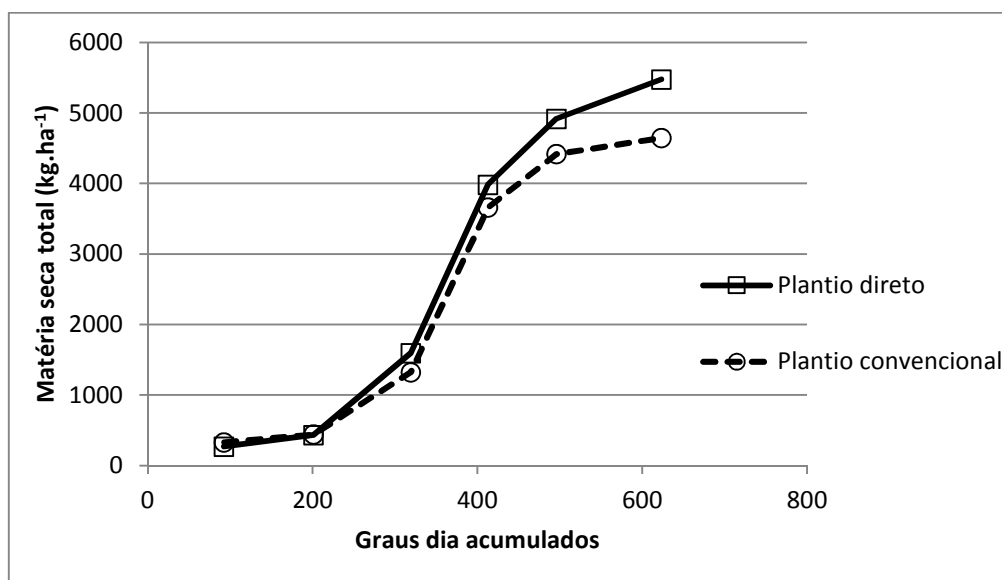


Figura 2. Evolução da massa seca aérea com o acúmulo de graus dia durante o ciclo da soja BRAS 110016 em sistema de plantio direto e convencional.

Em função de não ter existido diferença significativa na matéria seca dos sistemas, os resultados foram apresentados em função da média (Figura 3). A variedade acumulou inicialmente mais folha até a terceira amostragem, quando a massa seca de caule superou a de folhas. As vagens apresentaram

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

contribuição na massa seca aérea a partir dos 300 graus dia acumulados. O período inicial de acúmulo de massa de grãos não é bem identificado, pois os grãos não foram separados das vagens no início do enchimento. Portanto, os valores de distribuição da massa seca aérea estão bem representados, porém, na medida próxima dos 500 graus dia acumulados parte da massa seca de vagens já ocorre contribuição inicial dos grãos.

Aparentemente a deficiência não afetou o comportamento das curvas de acúmulo de biomassa, porém isto deve ser melhor avaliado analisando relações alométricas obtidas em condições sem deficiência hídrica e com o uso de modelos de crescimento validados para cultivares superprecoces.

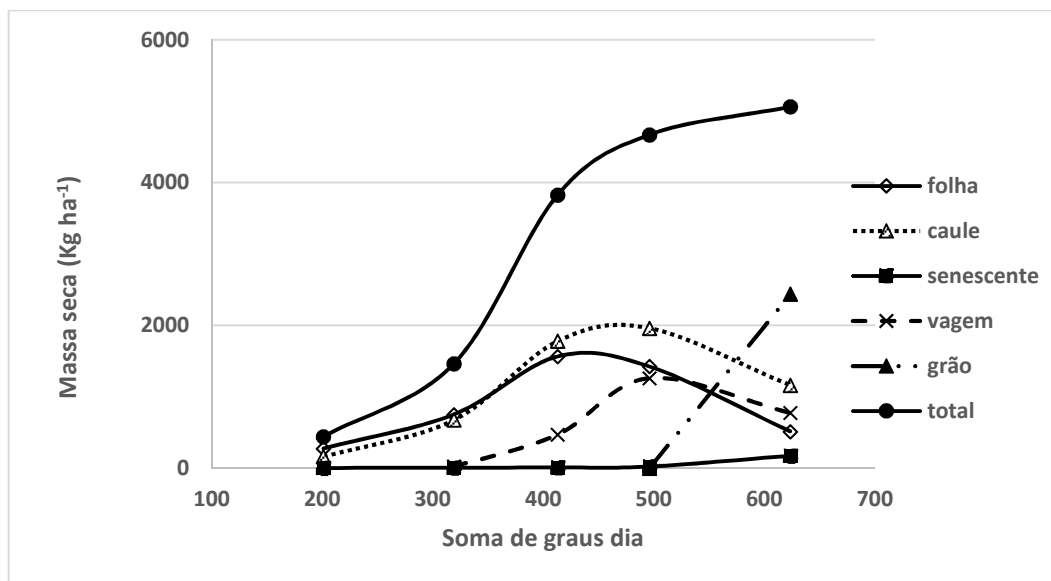


Figura 3. Evolução da massa seca acumulada nas partes que compõe a parte aérea da soja com o acúmulo de graus dia durante o ciclo da variedade BRAS 110016.

A densidade de plantas foi dentro da recomendada para a cultura e a produção um pouco abaixo da esperada, contudo pelo elevado índice de colheita apresentado (Tabela 3), aparentemente o efeito da deficiência hídrica no período de enchimento de grãos não foi sentido pela cultura. Para concluir a este respeito devemos ter a referência de índice de colheita desta variedade para condições sem deficiência hídrica.

Tabela 3. Densidade de plantas, produção, massa seca aérea e índice de colheita obtidos com a soja BRAS 110016 em sistema de plantio direto e convencional.

	Densidade mil plantas.ha ⁻¹	Produção Kg.ha ⁻¹	MS total Kg.ha ⁻¹	Índice de Colheita %
Direto	279	2654,8	5474,4	48,5
Convencional	299	2233,5	4647,5	48,1

CONCLUSÕES

No presente trabalho as alterações no microclima devido à cobertura de palha no plantio direto não foram suficientes para alterar o ciclo da soja mesmo tendo um período de restrição hídrica no início do ciclo, quando a cobertura poderia favorecer a disponibilidade de água. Contudo este resultado não pode ser extrapolado de maneira genérica, pois neste experimento não houve cultivo no período de seca (inverno), o que reduz muito a cobertura de palha presente no plantio direto e consequentemente os seus efeitos sobre o ambiente.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



A referência de 683.2 graus dia após a emergência para atingir a fase R7 pela soja BRAS110016 deve ser validada em outros ambientes para ser utilizada em simulações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Embrapa Cerrados na execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Geneva, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree day' units. *European Journal of Agronomy*, v.13, n.1, p.1-10, 2000.

BRUNINI, O. et al. Temperatura base para alface "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. *Bragantia*, v.85, n.19, p.214-219, 1976.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf Acesso em: 23 de jun. 2015.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_20_10_07_42_relatorio_abril_2014.pdf Acesso em: 25 de jun. 2015.

DOOREBOS, J; KASSAM, A. H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma : FAO, 212p., 1979.

DOURADO NETO, D. Modelos fitotécnicos referentes à cultura de milho. Piracicaba, 1999. 227p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja - Paraná 2007. *Sistemas de Produção*, n. 10. Londrina: Embrapa Soja. 2006. Disponível em:<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/469684/1/tpsoja2007pr.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 48).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: IowaStateUniversity of Science and Technology, 1977. 11p.(SpecialReport 80).

GIANLUPPI, V. et al. Cultivo de soja no cerrado de Roraima. *Sistema de Produção*, Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/clima.htm>> Acesso em: 22 jun. 2015..

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, v.19, n.3, p.707-713, 2005.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

MEDEIROS, K. M. O planejamento ambiental e exploratório no bioma cerrado. v. 1, n. 1, 2007. Disponível em:

<http://www.facitec.br/erevista/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=8>. Acesso em: 10 jun. 2015.

OLIVEIRA, A. D de; MEIRELLES, M. L.; FARIAS, S. E. M. de; FRANCO, A. C. Exigência térmica e índice de área foliar para a cultura da soja em Planaltina-DF. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XVII. Guarapari, ES, 2011.

PEREIRA, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

SCHOFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de três y. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 10, n. 2, p. 97-104, 2002.

SETIYONO, T. D.; WEISS, A.; SPECHT, J.; BASTIDAS, A. M.; CASSMAN, K. G.; DOBERMANN, A. Understand and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. Field Crops Research, v. 100, p. 257-271, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.011>

SILVA, F. A. M.; EVANGELISTA, B. A. E MALAQUIAS, J. V. **Normal climatológica de 1974 a 2003 da estação principal da Embrapa Cerrados**. (Documentos/Embrapa Cerrados) Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 98p. 2014.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Climatologia**, Centerton, v. 10, n. 3, p.156-198, 1955.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree-days. Agricultural and Forest Meteorology. v.74, p.61-74, 1995.