



## AVALIAÇÃO ESPECTRAL DE DUAS CULTIVARES CONTRASTANTES DE SOJA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS

Luis G. T. Crusiol<sup>1</sup>, Josirley de F. C. Carvalho<sup>2</sup>, Rubson N. R. Sibaldelli<sup>3</sup>, Walkyria Neiverth<sup>4</sup>,  
Alexandre do Rio<sup>5</sup>, Leonardo C. Ferreira<sup>6</sup>, Alexandre L. Nepomuceno<sup>7</sup>, Norman Neumaier<sup>7</sup>,  
José R. B. Farias<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Graduando do curso de Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR - luisguilherme\_crusiol@hotmail.com

<sup>2</sup> Pós doutoranda/CAPEs, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

<sup>3</sup> Mestrando, UTFPR, Londrina, Paraná.

<sup>4</sup> Bolsista CNPq/DTI, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

<sup>5</sup> Mestrando USP/ESALQ, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

<sup>6</sup> Pós doutorando/CNPq, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

<sup>7</sup> Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia - 02 a 06 de Setembro de 2013 - Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes - Universidade Federal do Pará, Belém, PA

**RESUMO:** Foram avaliadas diferenças no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em duas cultivares de soja, BR 16 (sensível) e Embrapa 48 (tolerante à seca) submetidas à irrigação e déficit hídrico aplicado nos estágios vegetativo e reprodutivo em condições de campo. Termometria por infravermelho foi utilizada para detectar a ocorrência de estresse hídrico nas plantas evidenciado pelo aumento da temperatura da folha em relação à temperatura do ar. Diferenças no NDVI entre as duas cultivares foram observadas no dia 01/03/2013 em todos os horários de avaliação e em todos os regimes hídricos, sendo o mesmo maior para a cultivar Embrapa 48. Nesta data, as plantas das duas cultivares apresentaram maiores temperaturas da folha em relação à temperatura do ar às 13:00 h e 15:00 h (irrigado e déficit hídrico no estágio vegetativo) e em todos os tempos de avaliação (9:00, 11:00, 13:00 h, 15:00 h) em plantas sob estresse hídrico aplicado no estágio reprodutivo. Os resultados confirmaram a aplicabilidade da termometria por infravermelho e determinação do NDVI na identificação e monitoramento da resposta diferencial de cultivares de soja em diferentes condições hídricas.

**PALAVRAS-CHAVES:** estresse hídrico, termometria por infravermelho, NDVI.

SPECTRAL EVALUATION OF TWO CONTRASTING SOYBEAN CULTIVARS UNDER  
DIFFERENT WATER REGIMES





**ABSTRACT:** In the present work differences in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of two soybean cultivars considered as drought sensitive and tolerant (BR 16 and Embrapa 48 respectively) were studied in plants under irrigation and water deficit applied at the vegetative or reproductive stages in field. Infrared thermometry was used for detecting the occurrence of drought stress in the plants evidenced by the increase in the leaf temperature relative to the air temperature. Differences in the NDVI between the two cultivars were observed on March 1<sup>st</sup>, 2013 at all evaluation times and water regimes being greater for the cultivar Embrapa 48. At this date the plants of both cultivars had higher leaf temperatures compared to the air temperature at 1 pm and 3 pm (irrigated and water deficit at the vegetative stage) and at whole range of evaluation times (9 am, 11 am, 1 pm, 3 pm) in plants under water stress applied at the reproductive stage. The results confirmed the applicability of infrared thermometry and NDVI to identify and monitor the differential response of soybean cultivars under different water regimes.

**KEYWORDS:** water stress, infrared thermometry, NDVI.

## INTRODUÇÃO

A seca é o estresse abiótico que mais afeta a produtividade das culturas. No caso da soja, somente no Brasil, perdas de 8,95 milhões de toneladas de grãos ocorreram na safra 2011/2012 devido às condições climáticas adversas causadas pelo fenômeno “La Niña” (Conab, 2012).

Dada a importância da soja para o agronegócio brasileiro, justifica-se a utilização do sensoriamento remoto para o monitoramento das lavouras. Na literatura diversos trabalhos indicam a boa aplicabilidade de índices de vegetação no monitoramento de cultivos agrícolas. Dentre os índices de vegetação existentes, um dos mais utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), o qual se relaciona a diversos parâmetros biofísicos e agrônômicos das plantas. Por outro lado, o monitoramento das lavouras por meio de termometria no infravermelho permite inferir taxas de transpiração das folhas, taxas de fotossíntese e produtividade, além de ser útil na seleção de genótipos tolerantes à seca (Gomide, 2010).

Foram avaliadas duas cultivares de soja, BR 16 e Embrapa 48, sensível e tolerante à seca, respectivamente, por meio de medidas de temperatura do dossel e de NDVI em plantas sob diferentes regimes hídricos em condições de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja (Londrina – PR, Brasil) durante a safra 2012/2013. A





temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram monitoradas pela estação meteorológica instalada na área experimental.

Durante o experimento, as plantas das cultivares BR 16e Embrapa 48, consideradas sensível e tolerante à seca, respectivamente, foram submetidas a três condições hídricas: I (irrigado, potencial mátrico entre - 0,03 e - 0,05 MPa), EV (estresse hídrico no estágio vegetativo) e ER (estresse hídrico no reprodutivo). Os estresses nos estádios vegetativos e reprodutivos foram aplicados artificialmente por meio do uso de abrigos móveis programados para fechar automaticamente com a incidência de chuva e abrir após seu término. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas, foram avaliadas as três disponibilidades hídricas e nas subparcelas as duas cultivares de soja. A data de semeadura, para ambas as cultivares e tratamentos, foi 05 de novembro de 2012. A data de início da indução do estresse hídrico em plantas no período vegetativo (EV) foi 05 de dezembro de 2012 (estádio V4). No dia 27 de dezembro de 2012, as plantas passaram para o estágio reprodutivo e a partir daí voltaram a receber água de precipitação. Nesta data, outro grupo de parcelas que antes recebia água de precipitação passou a ser submetido ao déficit hídrico no período reprodutivo (ER). Este período estendeu-se até a data de colheita, correspondente a 12 de março de 2013 para BR 16 e 26 de março de 2013 para Embrapa 48. As medidas de temperatura do dossel e NDVI foram realizadas em quatro datas: 06, 13 e 19/12/2012 e 01/03/2013, em quatro horários: 09, 11, 13 e 15 horas. A medida de temperatura do dossel foi realizada com um sensor infravermelho termal *InfraPro*® fabricado pela *Oakton*®, posicionado sempre no folíolo central do terceiro trifólio totalmente expandido. A distância e o ângulo de posicionamento do sensor seguiram as recomendações do fabricante. Para as medidas de NDVI, utilizou-se um aparelho *GreenSeeker*® 505 *Handheld Sensor* fabricado pela *Ntech Industries, Inc*, que calcula o referido índice de acordo

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

com a equação  $\rho_{IVP} + \rho_V$ , onde  $\rho_V$  é a reflectância no vermelho (0,58-0,68 $\mu$ m, faixa do espectro utilizada no processo fotossintetizante) e  $\rho_{IVP}$  é a reflectância no infravermelho próximo (0,725-1,1  $\mu$ m, faixa do espectro com alta reflectância das estruturas internas das folhas). As leituras foram realizadas com o sensor posicionado a um metro acima do dossel das plantas, conforme especificações do fabricante.

Atendidas as pressuposições da análise de variância (ANOVA), os resultados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ) por meio do programa computacional *Sisvar*®, versão 5.3 (Ferreira, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se no presente estudo que nas duas primeiras datas de avaliação (06 e 13/12/12) as plantas em estágio vegetativo sob déficit hídrico (Figura 1A/C) e sob irrigação (Figura 1B/D) não estavam sob estresse hídrico uma vez que suas temperaturas foliares estavam abaixo da temperatura do ar. Diferenças nas temperaturas foliares entre as cultivares foram observadas sob irrigação no dia 06/12 às 11 h e 15 h (maior para Embrapa 48, Figura 1B) e no dia 01/03 às 13 h (maior para BR 16, Figura 1H). No dia 19/12/12 as temperaturas foliares das duas cultivares tenderam a se igualar à temperatura do ar nas plantas sob estresse hídrico no



período vegetativo e sob irrigação (Figura 1E/F). Entretanto, observou-se, nas plantas sob estresse hídrico, aumento da temperatura da folha em relação à temperatura do ar às 13h (Figura 1E). Das quatro datas analisadas, somente no dia 01/03/13 observou-se ocorrência de estresse hídrico nos quatro horários de medição nas plantas submetidas ao déficit hídrico no período reprodutivo (Figura 1I), com maiores valores de temperatura foliar, em todos os horários, verificados na cultivar BR 16.

Os valores de NDVI das cultivares analisadas ao longo das três primeiras datas (06, 13 e 19/12/12) foram semelhantes (Figuras 2A-2F), com pequenas diferenças observadas nas plantas sob déficit hídrico no estágio vegetativo. Não houve resposta significativa para NDVI. Os maiores valores foram encontrados para a cultivar BR 16 e resultaram, muito provavelmente, de pequenas diferenças nos estádio de desenvolvimento entre as duas cultivares. No período reprodutivo (dia 01/03/2013), foi possível diferenciar as duas cultivares com relação aos seus valores de NDVI. Neste caso, maiores valores de NDVI foram obtidos para a cultivar considerada mais tolerante à seca, Embrapa 48. Com relação à semelhança dos valores de NDVI entre plantas sob déficit no período vegetativo (EV) e irrigação, observados no dia 01/03/2013 (Figuras 2G e H), ressalta-se que as plantas previamente submetidas ao estresse hídrico voltaram a receber água de precipitação desde o dia 27 de dezembro de 2012, sendo o total pluviométrico recebido até o dia 01/03/13 de 443,6 mm. Sendo assim, valores de NDVI semelhantes entre os dois regimes hídricos indicam a retomada das atividades fisiológicas das duas cultivares, uma vez que houve restabelecimento da disponibilidade hídrica para as plantas. Por outro lado, menores valores de NDVI, para as duas cultivares, foram verificados sob déficit hídrico no período reprodutivo (Figura 2I).

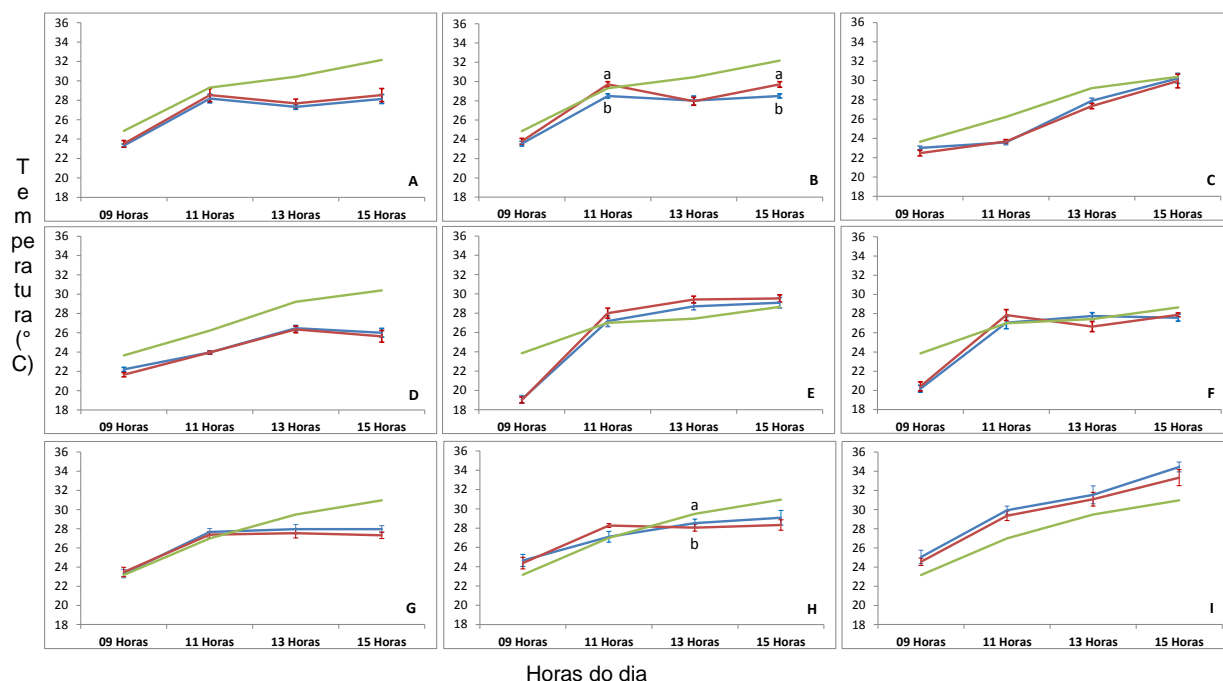


Figura 1. Valores de temperatura do ar (°C) (linhas verdes) e temperatura do dossel (°C) para as cultivares BR 16 (linhas azuis) e Embrapa 48 (linhas vermelhas) em quatro horários. As



barras de erro referem-se ao erro padrão da média. A: 06/12/2012, estresse vegetativo; B: 06/12/2012, irrigado; C: 13/12/2012, estresse vegetativo; D: 13/12/2012, irrigado; E: 19/12/2012, estresse vegetativo; F: 19/12/2012, irrigado; G: 01/03/2013, estresse vegetativo; H: 01/03/2013, irrigado; I: 01/03/2013, estresse reprodutivo.

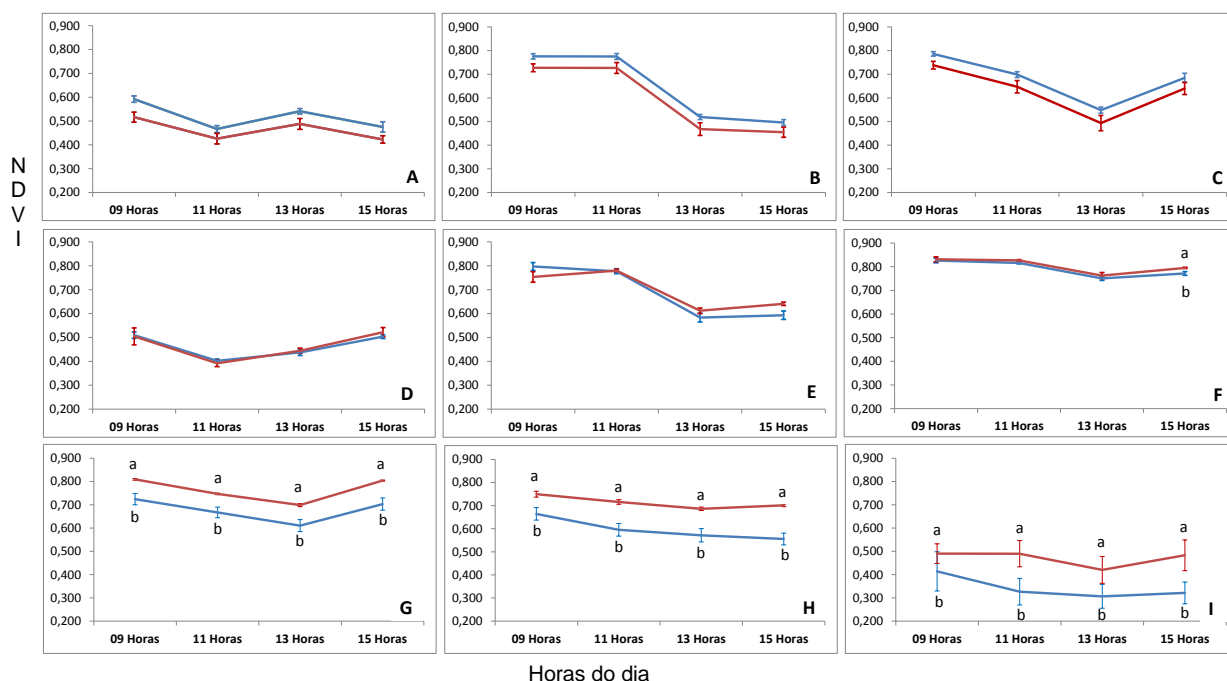


Figura 2. Valores de NDVI para as cultivares BR 16 (linhas azuis) e Embrapa 48 (linhas vermelhas) em quatro horários. As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. A: 06/12/2012, estresse vegetativo; B: 06/12/2012, irrigado; C: 13/12/2012, estresse vegetativo; D: 13/12/2012, irrigado; E: 19/12/2012, estresse vegetativo; F: 19/12/2012, irrigado; G: 01/03/2013, estresse vegetativo; H: 01/03/2013, irrigado; I: 01/03/2013, estresse reprodutivo.

De acordo com Liu et al. (2010), o teor de clorofila na planta é o fator de maior influência no NDVI, podendo a margem de erro da leitura ser maior ou menor de acordo com as alterações no índice de área foliar. Além disso, vários trabalhos reportam a relação entre NDVI e características fisiológicas das plantas, como fitomassa, anomalias, evapotranspiração, produtividade e condição hídrica da vegetação (Leivas et al., 2011).

Farias et al. (1999) trabalharam com várias cultivares de soja e detectaram que a cultivar Embrapa 48 foi uma das que apresentou menor taxa fotossintética sob estresse hídrico e maiores valores de taxa fotossintética após o término da deficiência hídrica.



## CONCLUSÃO

O NDVI e a termometria por infravermelho foram úteis para descrever o comportamento diferencial das cultivares BR 16 e Embrapa 48, sensível e tolerante à seca, respectivamente, sob distintas disponibilidades hídricas no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira:** Grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2012/ Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: Conab, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 4 out. 2012.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, J. A.; DELATRE, N.; BORDINGNON, J. R.; OYA, T.; ZAPAROLI, M. L. M.; CASAGRANDE, E. C. Respostas da cultura da soja à disponibilidade hídrica (04.0.94.331-01). In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja**, 1999. Londrina, 2000. p. 73-77. (Embrapa Soja. Documentos, 142).

FERREIRA, D. F. **Sisvar- Sistema de Análise de Variância**. Versão 5.3. UFLA, Lavras, 2010.

GOMIDE, R. L. Uso da termometria a infravermelho na fenotipagem para tolerância à seca de cereais e legumes. In: Simpósio sobre tolerância à deficiência hídrica em plantas: Adaptando as culturas ao clima do futuro, 2010, Goiânia. **Trabalhos apresentados...**Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. P. 35-50. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 265). Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45902/1/uso-termometria.pdf>

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; NOGUEIRA, S. F.; BOLFE, É. L. Estimativa da evapotranspiração em áreas com diferentes características ambientais utilizando o algoritmo sebal. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari, 2011. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55706/1/janice-cba.pdf>

LIU, B.; WATANABE, S.; UCHIYAMA, T.; KONG, F.; KANAZAWA, A.; XIA, Z.; NAGAMATSU, A.; ARAI, M.; YAMADA, T.; KITAMURA, K.; MASUTA, C.; HARADA, K.; ABE, J. The soybean stem growth habit gene *dt1*isanorthologofarabidopsis terminal flower1. **Plant Physiology**, v. 153, p.198-210, 2010.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. In: Earthresourcestechnologysatellite-1 symposium, 3, 1973, Washington, D. C. **Proceedings...**Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973, v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

