

VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA EM MILHO EM FUNÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO E DENSIDADE DE PLANTAS

MURILO HENDZ DE JESUS¹, CHRISTIAN BREDEMEIER², ANDRÉ LUIS VIAN³, DANIELLE ALMEIDA⁴, JHONATAN ALVES DA SILVA¹

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS. E-mail: murilohendz@gmail.com; jhonatan.alves@hotmail.com.

² Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS. E-mail: bredemeier@ufrgs.br.

³ Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS. E-mail: andreluisvian@hotmail.com.

⁴ Engenheira Agrônoma, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS. E-mail: danielle.almeida@ufrgs.br.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar a época de predição adequada do potencial produtivo do milho e avaliar a variação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em função de diferentes densidades populacionais de plantas, com a finalidade de gerar novas estratégias para a adubação nitrogenada em taxa variável. O trabalho foi conduzido na safra agrícola de 2014 (“safrinha”) em lavoura piloto na Estação Experimental da UFRGS (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS). Os tratamentos constaram de quatro densidades populacionais (4, 6, 8 e 10 plantas/m²). Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas medições de reflectância do dossel (NDVI), utilizando o sensor ativo Greenseeker, entre os estádios vegetativos V₄ e V₉. A época adequada para a estimativa do potencial produtivo do milho foi no estágio vegetativo V₈. As diferentes densidades populacionais de plantas de milho proporcionaram diferenças nos valores observados do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Neste sentido, o emprego de sensor óptico ativo de reflectância pode ser importante ferramenta para estimativa do potencial produtivo da cultura milho e da densidade de plantas *in-situ* e em tempo real.

PALAVRAS-CHAVE: Greenseeker, NDVI, adubação nitrogenada.

NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX IN MAIZE AFFECTED BY YIELD POTENTIAL AND PLANT DENSITY

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the variation of normalized difference vegetation index (NDVI) as a function of plant density, in order to generate strategies for site-specific nitrogen fertilization. The experiment was carried out in 2014 in a field area at EEA/UFRGS, in southern Brazil. Treatments consisted of different plant densities (4, 6, 8 and 10 plants/m²). During crop development reflectance measurements (NDVI) were done using an active optical sensor named Greenseeker between growth stages

V4 and V9. The best stage for yield potential estimation was V8. Different plant densities of maize resulted in different values for NDVI. In this sense, the use of active reflectance sensor can be an important tool for yield potential as well as for plant density estimation of maize *in-situ* and in real time.

KEYWORDS: Greenseeker, NDVI, nitrogen fertilization.

INTRODUÇÃO

A densidade de plantas é uma característica importante na determinação do potencial produtivo da cultura do milho (*Zea mays* L.), devido à sua influência direta na determinação do número de espigas por área (Trezzi et al., 2008; Lana et al., 2009; Modolo et al., 2010; Kappes et al., 2011). Além disso, a melhor distribuição da área foliar permite maximizar a fotossíntese e, conseqüentemente, aumentar a produção de fotoassimilados, favorecendo o enchimento de grãos. Numerosos estudos têm sido realizados para determinar a melhor densidade de plantas de milho, em função do tipo e fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, luminosidade, genótipo e manejo da adubação (Argenta et al., 2001; Penariol et al., 2003; Demétrio et al., 2008).

Com a redução do espaçamento entrelinhas, o aumento do número de plantas por m² e o teto produtivo esperado para a cultura, torna-se fundamental monitorar o estado nutricional das plantas de milho durante o desenvolvimento, especialmente em relação ao nitrogênio (Alvarez et al., 2006; Kaneko et al., 2010; Chioderoli et al., 2012). Esse monitoramento pode ser realizado através das técnicas de agricultura de precisão (AP), a qual possibilita a identificação de áreas que necessitam manejo diferenciado de N (Bredemeier et al., 2013).

O potencial produtivo do milho é definido, em parte, no início de seu desenvolvimento (estádios V3 a V9), sendo esse período o mais importante em relação a disponibilidade de N. Para se identificar possíveis deficiências de N, utiliza-se o sensoriamento remoto através do emprego de sensores remotos proximais de reflectância, os quais proporcionam o acompanhamento e monitoramento do desenvolvimento da cultura em função de cada densidade populacional (Esquerdo et al., 2011; Karnielli et al., 2010).

Além disso, o emprego desses sensores de vegetação na agricultura tem pro finalidade promover a detecção da variação da densidade populacional em tempo real, ou seja, o sensor tem a capacidade de gerar as leituras de clorofila, biomassa e de número de plantas, que quando realizada essa leitura em estágio adequado a quantificação da densidade populacional pode ser estimada com alta precisão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a época adequada de predição do potencial produtivo do milho empregando sensor ativo de reflectância e a variação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em função de diferentes densidades populacionais nesta cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em lavoura piloto na safra agrícola de 2014 (“safrinha”) na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS). O campo experimental está situado na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS), em uma altitude média de 46 metros acima do nível do mar. O clima é subtropical de verão úmido quente, do tipo Cfa, conforme a classificação de Koppen (Ipagro, 1979). A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm e a temperatura média mensal varia entre 14 e 25°C, entre os meses mais frios e

mais quentes (Bergamaschi et al., 2003). O solo pertence a unidade de mapeamento São Jerônimo, caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2008), manejado com sistema plantio direto a 22 anos.

Os tratamentos constaram de quatro densidades populacionais de plantas de milho (4, 6, 8 e 10 plantas/m²), com 5 repetições por tratamento. Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas avaliações de reflectância (NDVI) com o equipamento Greenseeker, que foi realizados em diferentes estádios vegetativos segundo a escala fenológica desenvolvida por Ritchie (Ritchie et al., 1993), sendo realizadas em V4, V5, V6, V7, V8 e V9, sendo posicionado sobre a linha central de cada parcela.

A semeadura foi realizada no sistema de semeadura direta, com espaçamento entrelinhas de 0,5 m. O híbrido utilizado foi Morgan 30A77PW, da empresa Dow AgroSciences, caracterizado como híbrido simples e de ciclo precoce. A adubação de base foi de 30, 120 e 120 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente e a adubação de cobertura foi de 300 kg/ha de uréia, parceladas em duas aplicações, nos estádios V₄ (150 kg/ha) e V₇ (150kg/ha), seguindo a recomendação para altos rendimentos.

As demais práticas culturais foram realizadas de acordo com a necessidade, como os tratamentos de sementes, pragas, moléstias e plantas daninhas que foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas da cultura. Durante o início do desenvolvimento do milho houve uma deficiência hídrica que teve duração nas quatro primeiras avaliações e seus efeitos continuaram visualmente até o período do florescimento onde esse estresses foi interrompido pelo retorno das precipitações regulares da área experimental.

Os dados de NDVI e produtividade foram avaliados com o auxílio do programa computacional Statistical Analysis System – SAS 8.0 (SAS INSTITUTE Inc., Cary, North Carolina, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada avaliação, foi realizada análise da relação entre o NDVI e a produtividade de grãos de milho. Em função da deficiência hídrica que ocorreu especialmente no início de do desenvolvimento se prolongando até próximo ao estágio de florescimento, houve redução na produtividade de grãos. Além disso, a ocorrência de deficiência hídrica influenciou o ângulo de abertura das folhas, sendo esta alteração considerada a principal causa da diminuição do NDVI, em função da diminuição da área foliar para interceptação da radiação infravermelha emitida pelo sensor óptico ativo Greenseeker.

Nesta situação, todos os estádios vegetativos, apresentaram baixa relação entre a produtividade de grãos e o índice de vegetação (NDVI), devido a deficiência hídrica ocorrida. O estágio V8 foi o que apresentou melhor relação entre os valores de NDVI e o potencial produtivo da cultura do milho (Figura 1).

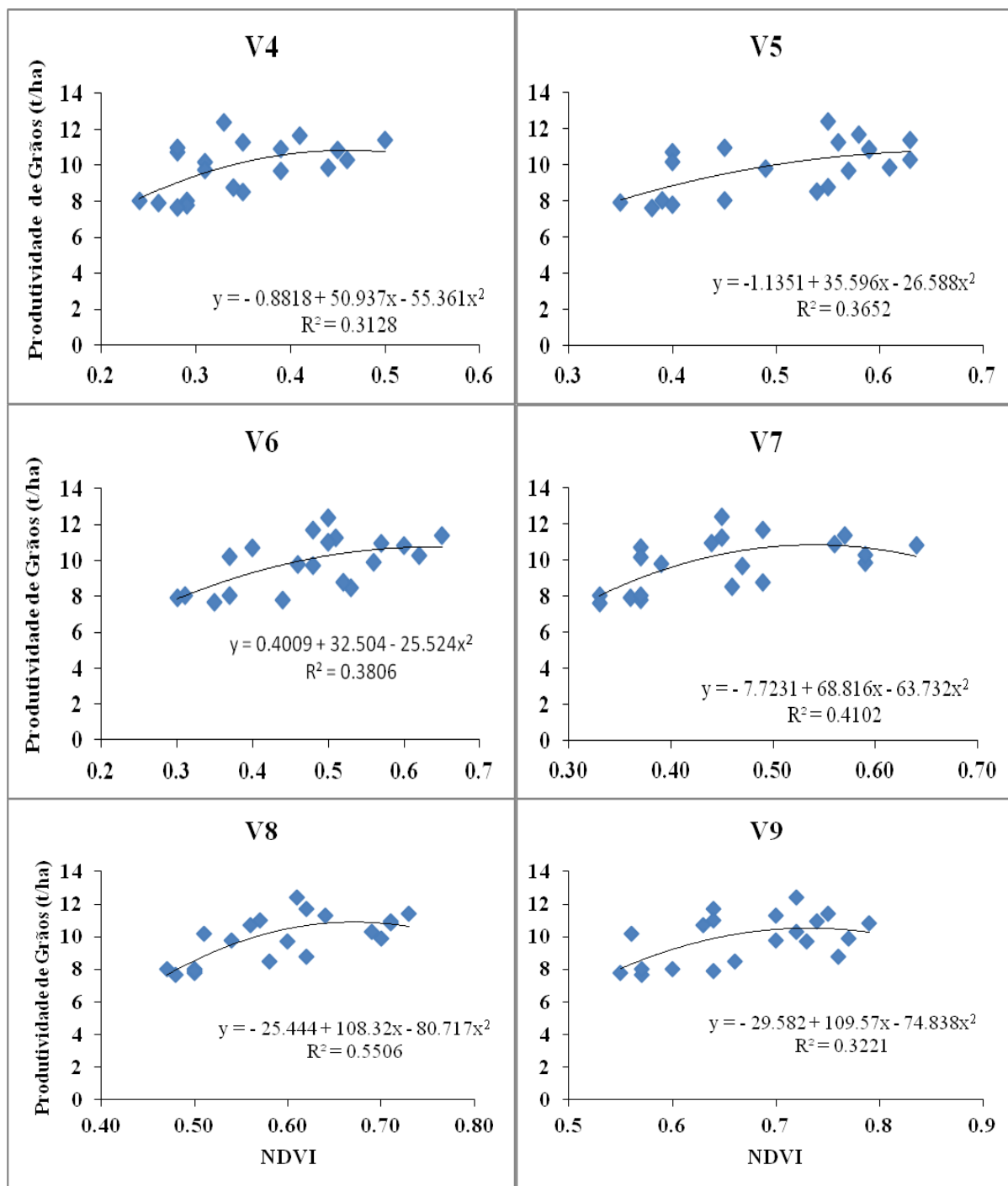


Figura 1. Relação entre a produtividade de grãos de milho e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes estádios fenológicos.

Durante a fase inicial do desenvolvimento do milho foram realizadas leituras de NDVI em estádios vegetativos específicos, correspondentes ao período de definição do potencial produtivo da cultura e da necessidade de N para manutenção de seu metabolismo e aumento de área foliar (Huang et al., 2011). Observou-se que a população de 10 plantas/m² apresentou o maior NDVI durante a fase de desenvolvimento vegetativo, enquanto que a densidade de 4 plantas por m² apresentou menor NDVI em comparação as demais densidade analisadas (Figura 2). Desta forma, o NDVI identificou áreas com maior e menor densidade de plantas. Esse comportamento deve-se principalmente à menor quantidade de biomassa produzida no tratamento com menor densidade de plantas.

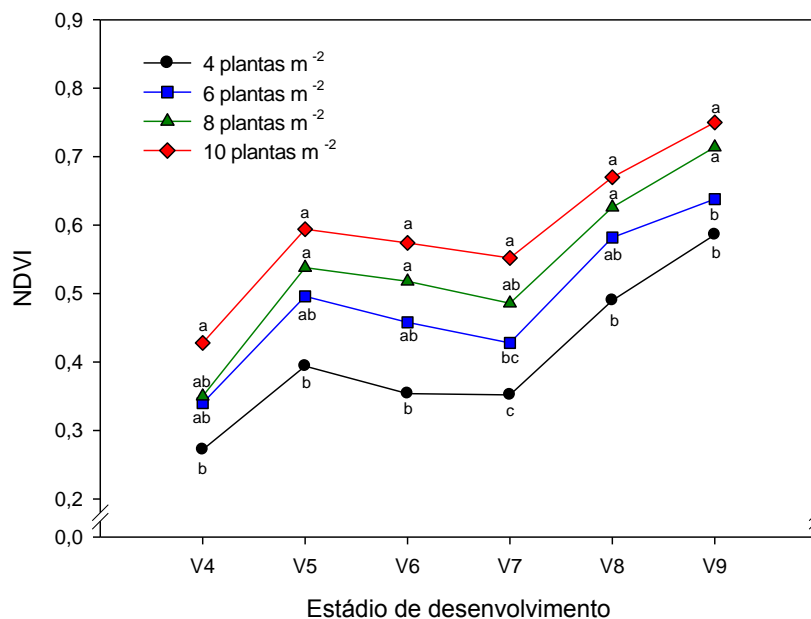


Figura 2. Variação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na cultura do milho em diferentes estádios fenológicos, em função da densidade de plantas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes densidades populacionais de plantas de milho proporcionaram grandes diferenças nos valores observados do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

Neste sentido, o emprego de sensor óptico ativo de reflectância pode ser importante ferramenta para estimativa do potencial produtivo da cultura milho e densidade de plantas *in-situ* e em tempo real, visando desenvolver estratégias para a realização da adubação nitrogenada em taxa variável em uma determinada área agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, C.G.D.; VON PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. *Ciência e Agrotecnologia*, v.36, p. 402-408, 2006.
- ARGENTA, G.S.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, v.31, p.1075-1084, 2001.
- BERGAMASCHI, H. et al. Clima da Estação Experimental da UFRGS e região de abrangência, Porto Alegre: UFRGS, 2003, 78p.
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A.L. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.7, p.1147-1154, 2013.
- CHIODEROLI, C.A.; MELLO, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, J.O.R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de

consórcio milho e braquiária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p. 37-43, 2012.

DEMÉTRIO, C.S.; FILHO, D.F.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

ESQUERDO, J.C.D.M.; ZULLO, J.; ANTUNES, J.F.G. Use of NDVI/ AVHRR time-series profiles for soybean crop monitoring in Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, p. 3711-3727, 2011.

HUANG, W., WANG, Z., HUANG, L., LAMB, D.W., MA, Z., ZHANG, J., WANG, J., ZHAO, C. Estimation of vertical distribution of chlorophyll concentration by bi-directional canopy reflectance spectra in winter wheat. *Precision Agriculture*, v. 12, p.165–178, 2011.

IPAGRO. Observações meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: IPAGRO, 1979. 272p. (Boletim Técnico, 3).

KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D.C.; ARF, M.V.; CHIODEROLI, C.A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio e milho cultivado em espaçamentos reduzidos e tradicional. *Bragantia*, v.69, p. 677-686, 2010.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. *Bragantia*, v.70, p. 334-343, 2011.

KARNIELI, A.; NURIT, A.; PINKER, T.R.; ANDERSON, M.; IMHOFF, M.L.; GUTMAN, G.G.; PANOV, N.; GOLDBERG, A. Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations. *Journal of Climate*, v. 23, p.618-633, 2010.

LANA, M.C.; JUNIOR, P.P.W.; BRACICINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, L.P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, p. 433-438, 2009.

MODOLO, A.J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p. 435-441, 2010.

PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v.2, p.52-60, 2003.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. & BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.C.D. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER RS, 2008. 222p.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; KRUSE, N.D.; PRATES, M.V.B.; GUSTMAN, M.S.; NUNES, A.L.; ARGENTA, G. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. *Planta Daninha*, v.26, p. 845-853, 2008.