



Sensores de vegetação para estimar o potencial produtivo do milho

Vian, A.L.¹; Bredemeier, C.²; Trentin, C.¹; Drum, M.A.⁴; Silva, J.A.⁴; Giordano, C.P.S.¹; Santos, F.L.³

Introdução

A estimativa do potencial produtivo da cultura do milho durante a fase vegetativa é de fundamental importância para se potencializar elevados rendimentos de grãos, sendo o nitrogênio (N) o nutriente que promove maior influência sobre a definição desta variável. (Dovale *et al.*, 2012).

A recomendação da dose total de nitrogênio a ser aplicada na cultura do milho é determinada em função de três fatores principais: o teor de matéria orgânica do solo, a cultura antecessora e a expectativa de rendimento de grãos (Reunião, 2013). Contudo, o uso dos dois primeiros indicadores para estimar a quantidade de N suprida pelo solo e pelos resíduos da cultura antecessora é pouco eficiente, uma vez que inúmeros fatores edafoclimáticos estão envolvidos no processo de mineralização do N orgânico. A definição da “expectativa de rendimento de grãos” é complexa, pois o potencial produtivo varia em função das condições meteorológicas de cada ano específico e a probabilidade da “expectativa de rendimento” não se concretizar é elevada.

O emprego de ferramentas de sensoriamento, sejam elas remotas ou não, permite a estimativa do potencial produtivo da cultura através de leituras não destrutivas das plantas, avaliando o estado nutricional da cultura *in situ* e identificando zonas com diferentes condições nutricionais dentro de uma área agrícola (Bredemeier *et al.*, 2013). Desta maneira, é importante o uso de ferramentas que estimem o potencial produtivo da lavoura *in situ* de maneira precisa e rápida e em tempo real, visando aperfeiçoar a aplicação de nitrogênio em cobertura e permitir a aplicação deste nutriente em taxa variável.

Esta estimativa pode ser realizada pela caracterização da reflectância, que é a relação entre a radiação refletida pelo dossel e a radiação incidente e está associada à quantidade de biomassa, teor de clorofila nas folhas e potencial produtivo da cultura. Um dos índices de reflectância mais utilizados é o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI – “Normalized Difference Vegetation Index”), dado pela relação $(pnir-pr)/(pnir+pr)$, onde *pnir* e *pr* são as reflectâncias no infravermelho próximo e no vermelho, respectivamente (Rouse *et al.*, 1973).

A análise de imagens digitais obtidas por câmeras digitais pode ser empregada para estimativa do desenvolvimento da cultura e de seu potencial produtivo. Estudos utilizando imagens digitais foram desenvolvidos para a estimativa da biomassa da parte aérea na cultura do arroz (Lee & Lee, 2011).

Outro método para estimativa do potencial produtivo e do estado nutricional da cultura é a avaliação do teor relativo de clorofila na folha (Índice SPAD). A avaliação do Índice SPAD é um método não destrutivo para estimar do estado nutricional da cultura em relação ao N, uma vez que este nutriente é o principal constituinte da molécula de clorofila. Entretanto, este método apresenta a necessidade do contato físico do equipamento com a folha, aumentando o tempo necessário para a realização das avaliações a campo e reduzindo o rendimento operacional (Jørgensen & Jørgensen, 2007; Zhao *et al.*, 2015).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), a análise da imagem digital, o teor relativo de clorofila na folha e o rendimento de grãos de milho, visando desenvolver procedimentos mais precisos para a adubação nitrogenada em cobertura em dose variada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra 2013/2014, na Estação Experimental Agrônoma da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul (RS), em solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Streck *et al.*, 2008). A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm e a temperatura média mensal varia entre 14 e 25°C, entre o mês mais frio e o mais quente (Bergamaschi *et al.*, 2003).

¹ Acadêmico de Pós-Graduação em Fitotecnia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS; andre.vian@ufrgs.br; andreluivian@hotmail.com. ² Professor Dr. Faculdade de agronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS; ³ Acadêmico de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS; ⁴ Acadêmicos do curso de Agronomia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS.



Foram utilizados diferentes épocas de dessecação da aveia branca (*Avena sativa* L.) antes da semeadura da cultura do milho (45, 30, 15 e 0 dias antes da semeadura), além dos tratamentos com aveia branca dessecada 30 dias antes da semeadura sem aplicação de N na cultura do milho implantado em sucessão e pousio, para gerar variabilidade no desenvolvimento do milho e diferentes potenciais de produção.

O experimento foi conduzido no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por oito linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m. A semeadura foi realizada no sistema de plantio direto, na densidade de 8 plantas/m². O híbrido simples utilizado foi Status TL TG (Syngenta Seeds), de ciclo precoce. A adubação na semeadura foi de 30, 120 e 120 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e a adubação em cobertura foi de 200 kg/ha de nitrogênio, parcelada em duas aplicações, nos estádios V₄ (60 kg/ha) e V₇ (140 kg/ha) da cultura. A fonte de N utilizada foi ureia com inibidor da enzima urease.

A reflectância do dossel foi avaliada pelo sensor óptico ativo Greenseeker, o qual utiliza diodos de emissão de radiação nos comprimentos de onda do vermelho (650 nm) e do infravermelho próximo (770 nm), fornecendo o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). O sensor foi posicionado em altura de 1,0 m acima do dossel e as leituras foram realizadas em quatro linhas de cada parcela, com largura útil captada pelo sensor de aproximadamente 0,8 m.

A obtenção das imagens digitais no sistema RGB (vermelho, verde e azul) foi realizada com câmera fotográfica digital modelo Canon Power Shot A95, com resolução de 5 megapixels, no mesmo dia das leituras de reflectância do dossel com o sensor Greenseeker. As imagens foram feitas perpendicularmente em relação à linha de semeadura, em altura de 1,5 m acima do dossel, no horário entre 11:30 e 12:00 horas em condição de ausência de nebulosidade. Para o processamento e análise das imagens digitais foi utilizado programa computacional SISCOB versão 1.0 (Jorge & Silva, 2009). Em cada imagem digital, foi determinada a porcentagem de pixels em cada classe de interesse (planta, solo e palha).

O teor relativo de clorofila na folha (Índice SPAD) foi avaliado com o clorofilômetro Minolta (SPAD-502[®] Chlorophyll meter), o qual estima o teor de clorofila através da medição da transmitância da luz através da folha (Argenta, 2001). O teor de clorofila é um bom indicador do estado nutricional da cultura em relação ao nitrogênio, pois a maior parte do N presente nas células se encontra associado às moléculas de clorofila. As leituras foram realizadas em cinco pontos nos terços mediano e superior da última folha completamente desenvolvida de cinco plantas em cada unidade experimental.

Todas as avaliações acima descritas foram realizadas no estádio de desenvolvimento vegetativo V7 da cultura do milho, segundo a escala fenológica de Ritchie (Ritchie *et al.*, 1993). O rendimento de grãos foi determinado pela colheita de 8 m² de área útil em cada parcela. Após, foi determinado o peso de grãos por unidade experimental e extrapolado o valor para rendimento de grãos (em kg ha⁻¹), na umidade de 130 g kg⁻¹. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F, com auxílio do pacote estatístico SAS[™] (Statistical Analysis System - SAS 8.0). Posteriormente, foi realizada análise de variância (Teste F) e análise de regressão.

Resultados e discussão

Como a cultura antecessora foi manejada com diferentes épocas de dessecação antes da semeadura da cultura do milho, foi observado que essa variação promoveu variação na disponibilidade de N no solo, em função das diferentes épocas de dessecação. Esse efeito resultou em variabilidade no desenvolvimento das plantas entre os diferentes tratamentos, permitindo o estudo da relação entre as metodologias utilizadas no presente trabalho.

Os valores do coeficiente de determinação para a relação entre os diferentes sensores utilizados foram satisfatórios (Figuras 1, 2 e 3). Todas as relações apresentaram ajuste linear, sendo o maior valor do coeficiente de determinação encontrado para a regressão entre NDVI e a análise da imagem digital (porcentagem de planta na imagem) ($r^2=0,81$) (Figura 1). Esta resposta corrobora com estudo onde foi comparado o uso de imagens digitais proximais com o valor de NDVI obtido por imagens de satélite nas culturas da soja e do milho, obtendo $r^2=0,80$ (Sakamoto *et al.*, 2012). Resultados semelhantes foram relatados por Alganci *et al.*, 2014 nas culturas do algodão e do milho.



62^a
Reunião Técnica Anual
da Pesquisa do Milho



45^a
Reunião Técnica Anual
da Pesquisa do Sorgo

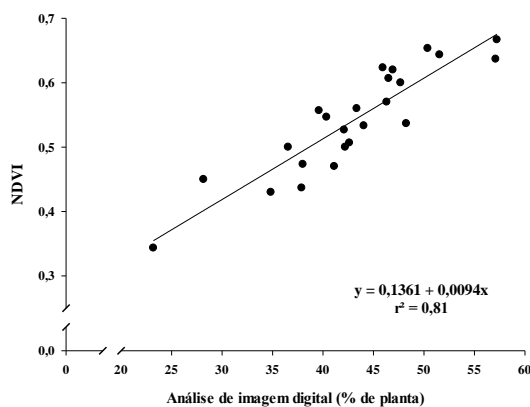


Figura 1. Relação entre análise de imagem digital (porcentagem de planta na imagem) e Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no estágio fenológico V7 da cultura do milho.

Considerando a avaliação do Índice SPAD, os coeficientes de determinação entre as diferentes metodologias variaram de $r^2=0,48$ (Índice SPAD e análise da imagem digital - % da planta) (Figura 2) e $r^2=0,54$ (NDVI e índice SPAD) (Figura 3). Como mencionado anteriormente, a análise de imagens digitais estima a porcentagem de plantas na imagem, o NDVI determina o índice de vegetação da cultura através da reflectância da biomassa e da clorofila, e o índice SPAD estima o teor de clorofila através da transmitância da luz pela folha.

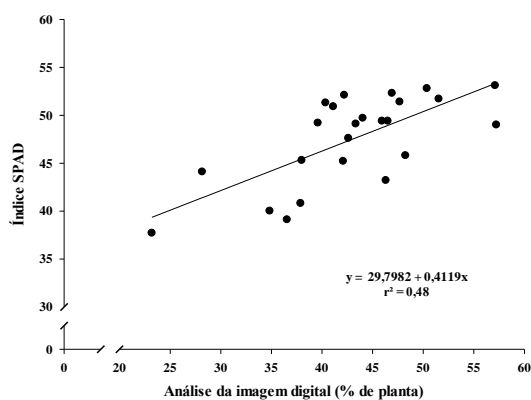


Figura 2. Relação entre os valores da análise de imagem digital (% de planta) e o índice SPAD no estágio fenológico V7 da cultura do milho.

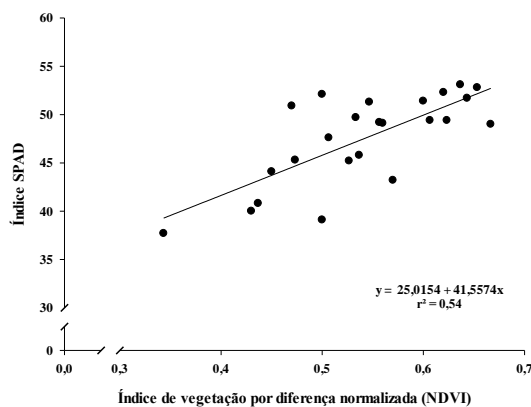


Figura 3 Relação entre os valores do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e do Índice SPAD no estágio fenológico V7 da cultura do milho.



Conclusão

As metodologias testadas apresentaram elevada correlação entre si e com o rendimento de grãos, sendo adequadas para estimativa do potencial produtivo da cultura do milho no estágio fenológico V7. Destaca-se a alta correlação entre a análise de imagens digitais (% de planta na imagem) e o valor do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e destas com o rendimento de grãos, possibilitando o uso destas ferramentas em trabalhos de pesquisa e em aplicações práticas a campo.

Referências

- ALGANCI, U. *et al.* Estimating maize and cotton yield in southeastern Turkey with integrated use of satellite images, meteorological data and digital photographs. **Field Crops Research**, v.157, n.1, p.8-19, 2014.
- ARGENTA, G. *et al.* Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **R. Bras. de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.13, n.2, p.158-167, 2001.
- BERGAMASCHI, H. *et al.* **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77 p.
- BREDEMEIER, C. *et al.* Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1147-1154, 2013.
- DOVALE, J.C. *et al.* Efeitos gênicos de caracteres associados à eficiência no uso de nitrogênio em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.3, p.385-392. 2012.
- JORGE, L.A.C.; SILVA, D.J.C.B. **SisCob: manual de utilização**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 18p.
- JØRGENSEN, J.R.; JØRGENSEN, R.N. Uniformity of wheat yield and quality using sensor assisted application of nitrogen. **Precision Agriculture**, v.8, n.1-2, p.63-73, 2007.
- LEE, K.J.; LEE, B.W. Estimating canopy cover from color digital camera image of rice field. **Journal of Crop Science Biotechnology**, Seoul, v.14, n.2, p.151-155, 2011.
- REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO E SORGO. **LVIII Reunião Técnica Anual do Milho e XLI Reunião Técnica Anual de Sorgo: Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 e 2014/2015**. Pelotas (RS). 2013. 124 p.
- RITCHIE, S.W. *et al.* **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p.
- ROUSE, J.W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **In. NASA ERTS Symposium**, v.3, p.309-317, 1973.
- SAKAMOTO, T. *et al.* An alternative method for using digital cameras for continuous monitoring of crop status. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.154–155, n.1, p.113–126. 2012.
- STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.C.D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER RS, 2008. 222p.
- ZHAO, B. *et al.* Characterization of nitrogen and water status in oat leaves using optical sensing approach. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, n.2, p.367-378, 2015.