

ACESSO AO ESTADO NUTRICIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO
DE SENSOR ATIVO DE REFLETÂNCIA

Ricardo. Y. Inamasu¹, Rafael. V. Sousa², Arthur. J. V. Porto², Caio Fortes³, Ariovaldo Luchian⁴, James S. Schepers⁵, John F. Shanahan⁵, Dennis D. Francis⁵

Resumo

Sensores óticos baseados em tecnologia de sensoriamento remoto em Agricultura de Precisão sempre chamaram a atenção pelo potencial de aplicação no controle em tempo real na aplicação de insumo à taxa variada (VRT). Esse tipo de sensor apresenta a possibilidade de detecção de status da planta por meio da cor da planta. Há métodos de aplicação de fertilizante nitrogenado (N) de acordo com os níveis de clorofila em milho. Em cana-de-açúcar, trabalhos com sensoriamento remoto têm sido conduzidos com a abordagem de tratamento “in-season”, isto é, o uso desta tecnologia para orientar a intervenção num estágio mais avançado da planta, ainda não tem sido explorado e os sensores desenvolvidos para milho muito provavelmente seriam úteis também para a cultura de cana-de-açúcar. O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento para testar essa possibilidade com um novo modelo de sensor ativo ACS-210 Crop Circle da Holland Scientific. O experimento foi conduzido na Usina São Martinho onde foram montadas parcelas experimentais com tratamentos de cinco taxas de fertilizante nitrogenado por cinco de potássio com quatro repetições. Foram plantadas seis linhas em cada parcela. O sensor não foi capaz de detectar diferença de potássio. Porém, os índices da leitura de refletância foram crescentes de acordo com o tratamento de nitrogênio, sugerindo que há possibilidade do sensor ser aplicado na identificação de deficiência de nitrogênio e conseqüente uso deste em controle de tempo real em aplicação de fertilizante em cultura de cana-de-açúcar.

Palavra-Chave: Sensor ativo, clorofila, nitrogênio.

ACTIVE REFLECTANCE SENSOR TO ACCESS SUGARCANE
NUTRITIONAL STATUS

Summary

Demand to increase sugarcane yield for ethanol production raises some environmental concerns, such as nitrate leaching and the best way to reuse (in space and in time) the industrial residues from ethanol production. Remote sensing technologies have been used on the sugarcane crop to identify variety and estimate yield. The potential to apply canopy reflectance information, such as chlorophyll content, to orient crop management have not been explored yet. It has proposed in-season, real time N application in corn (*Zea mays* L.) instead of the pre-season N application in order to

¹ Dr. Eng. Mecânica, Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos-SP. Rua XV de Novembro, 1452. CEP: 13560-970. São Carlos, SP. E-mail: ricardo@cnpdia.embrapa.br

² Dpto. Eng. Mecânica, EESC - USP, São Carlos, SP.

³ Eng Centro de Tecnologia Canavieira, CTC, Piracicaba, SP

⁴ Embrapa Meio Ambiente, Campinas, SP

⁵ USDA-ARS and University of Nebraska, EUA.

reduce losses to the environment and increase plant nitrogen use efficiency. The in-season N application strategy requires the design of a sensor to measure crop N deficiency and a delivery system to make variable N rate applications with automatic real-time prescription. The objective of this work is to explore the use of an active reflectance sensor on a sugarcane canopy and study the potential for making in-season treatments. The sensor utilizes is the ACS-210 Crop Circle from Holland Scientific. The field experiment was conducted with five N rates and five K rates with four repetitions. The sensor was not able to detect differences in K treatments, but showed good correlation with N variation. The sensor adequately detected sugar canopy variability, suggesting that it is possible to identify when the crop needs to be re-established.

Keywords: Active sensor, chlorophyll, nitrogen.

Introdução

O modelo em ciclo que considera a aquisição de dados, confecção de mapas de variabilidade, análise, geração de mapa de recomendação e aplicação do insumo tem sido aceito como procedimento padrão para o uso e implementação da Agricultura de Precisão. Houve grandes avanços em quase duas décadas, porém fechar esse ciclo da Agricultura de Precisão com a aplicação de fertilizante nitrogenado à taxa variada tem sido um grande desafio. O nitrogênio (N) é um elemento nutricional importante para muitas culturas. Por ser importante, há um número elevado de estudos para entender e otimizar seu uso. Devido à sua alta mobilidade no solo, um dos maiores desafios é o de encontrar a melhor forma de manejo. Mapas de distribuição de nitrogênio (N) no solo, mesmo sendo obtido em finas grades, não podem ser consideradas definitivas, como seria para mapa de propriedade física do solo. O tempo juntamente com as variações climáticas, portanto, impõem comportamento dinâmico na variabilidade espacial de N. A leitura da variabilidade de N e a intervenção por meio da aplicação deve ser realizado em um tempo muito mais curto que o ciclo da cultura.

Trabalhos prévios de Blackmer & Schepers (1994), Blackmer et al. (1993) e Blackmer & Schepers (1995), usando o medidor de clorofila Minolta SPAD 502 para monitorar no tempo e no espaço o status de N nas folhas do milho e fazer as aplicações de N conforme requerido em função dos teores presentes no dossel vegetativo e estágio de desenvolvimento, mostraram que a aplicação de N baseada neste método apresentava um avanço sobre o método tradicional baseado em medidas do conteúdo de N no solo. Estes trabalhos mostraram que as melhores épocas para a aplicação do N eram nos estádios V8 e V10 e que contribuíram para o aumento da eficiência de uso de N pela cultura, visto que índices equivalentes de produtividade poderiam ser obtidos com quantidades menores de nitrogênio do que os requeridos pela análise de solo, com a conseqüente diminuição das perdas por lixiviação, volatilização e erosão para o meio ambiente.

Visto que o teor de clorofila na planta integra os parâmetros de solo como pH, matéria orgânica, taxa de mineralização de nitrogênio, umidade e entre outros a medida torna, portanto um dos fortes indicativos de deficiência ou suficiência de N no solo (Schepers & Shanahan, 2005). Entretanto, enquanto as pesquisas em parcelas experimentais produziram resultados favoráveis e animadores em relação ao manejo de N, a extrapolação destes conceitos para uma escala maior, como um campo de produção

irrigado por pivô central, revelou as dificuldades em se coletar dados com o medidor de clorofila e em quantidades suficientes para caracterizar as variabilidades espacial e temporal presentes no campo cultivado (Schepers et al., 1992). Estes fatos evidenciaram claramente a necessidade de tecnologias que possibilitassem a mesma qualidade e precisão das medidas obtidas com o medidor de clorofila, mas numa área maior (produção comercial). Diante destas circunstâncias o sensoriamento remoto – processo de se obter informações de objetos alvos de plataformas remotas como sensores de terra, i.e., montados em tratores ou outros veículos; aeroplanos, ou satélites – é uma opção para se avaliar o status de N num campo cultivado. Estudos realizados por Blackmer et al. (1995), Francis et al. (2000) Luchiari et al. (1999), Luchiari et al. (2000), Luchiari et al. (2001), Luchiari et al.(2002) mostraram o uso de sensores para medidas em tempo real do conteúdo de N como uma alternativa promissora.. Atualmente, métodos óticos têm se desenvolvido e equipamentos que realizam medidas em campo de forma não destrutiva têm sido disponibilizados no mercado para medida de clorofila e recomendação de adubação nitrogenada, comumente denominado de tratamento “in-season”. A refletância apesar de indireto tem-se obtido correlação em milho, trigo e em outras culturas. Alguns modelos têm apresentado potencial para emprego em Agricultura de Precisão por possibilitar o seu uso em sistemas de controle de aplicação de fertilizante “on-the-go”. Entretanto, pouco se conhece em relação ao manejo do potássio.

No Brasil a cana-de-açúcar tem apresentado demanda cada vez maior, causada principalmente pelo aumento do consumo do etanol e pela exportação. Para atender o mercado, mantendo o status de combustível verde e a confiança dos consumidores, é estratégico para o país aumentar a produtividade, diminuir dano ao meio ambiente e controlar uso de insumos dependente do petróleo. Portanto o potencial de aplicação da Agricultura de Precisão em cana-de-açúcar é grande, mas ainda não é uma prática usual em culturas comerciais..

O objetivo do presente trabalho é de apresentar os resultados obtidos, por um novo modelo de sensor da Holland Scientific (Lincoln – NE), para medidas dos teores de nitrogênio (N) e potássio (K) em cana-de-açúcar.



Figura 1: Sensor da Holland Scientific em cultura de cana-de-açúcar

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Barro Preto da Usina São Martinho (21°17'S, 48°10'W), em solo LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico, textura argilosa e a variedade SP90-3414, de maturação média-tardia, com espaçamento entre linhas de 0,70m.. Foram aplicadas adubações com cinco taxas de N (0 kg., 50 kg., 100 kg., 150 kg. e 200 kg.ha⁻¹) combinadas com cinco de K (0 kg., 60 kg., 120 kg., 180 kg. e 240 kg.ha⁻¹), quatro repetições em parcelas de 6 linhas com 10 metros de comprimento. As 100 parcelas foram dispostas em 10 “linhas” e 10 “colunas”. As medições foram realizadas na cultura de primeiro brotamento após corte mecanizado, uma em dezembro de 2005 e outra em janeiro de 2006, nas quatro linhas internas de cada parcela acumulando 40 m linear de linha de plantio por parcela. Somando-se as quatro repetições, cada tratamento teve 160 m lineares de plantio para a leitura. As medidas sobre a linha de plantio foram realizadas seqüencialmente sobre 10 parcelas, tomando-se o cuidado de marcar o início e final de cada parcela por meio de *trigger* externo. Ao final de cada 10 parcelas, os dados foram salvos em arquivo, recomeçando em uma outra linha de plantio.

O sensor possui um conector cuja função é de comunicar dados digitais e de alimentar com tensão de 12V. Um conjunto de recursos é adicionado ao sensor para possibilitar o uso de forma manual.

O modelo de sensor utilizado estava adaptado com um cabo tubular telescópico com comprimento total de um metro. Foi adicionada uma caixa cuja função é de concentrar os cabos e alojar bateria para alimentar o sensor. A caixa possui chave de liga e desliga, chave de sincronização de leitura do sensor (*trigger*), conector que recebe o cabo do sensor e mais um conector que liga cabo serial a um coletor de dados. Para esse experimento utilizou-se um computador portátil para leitura e armazenamento dos dados. Software específico que acompanha o sensor foi instalado para a aquisição. Ajustou-se para armazenar um dado a cada um décimo de segundos. Caminhando entre linhas e apontando o sensor sobre a linha, foram obtidos 110 a 150 dados a cada 10m. A Figura 2 ilustra o sistema de aquisição de dados descrito.

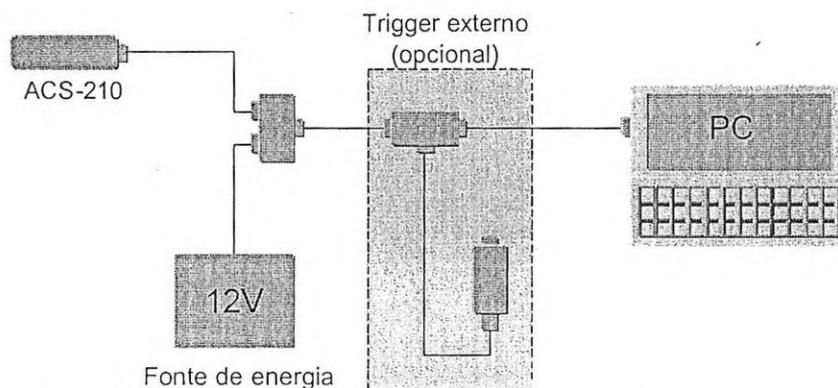


Figura 2: Esquema de ligação do sensor ACS-210 utilizado (adaptado do manual da Holland Scientific, Lincoln - NE)

Resultados e Discussões

A Figura 3 ilustra uma das aquisições realizada pelo sensor em uma linha sobre 10 parcelas experimentais. O eixo x é a leitura. Foram tomados aproximadamente 1255 pontos. Como cada leitura foi realizada em 0,1s o tempo gasto em média em cada parcela foi de 12,5 segundos. A velocidade média de deslocamento do sensor na parcela que possui 10 metros de comprimento é portanto de 0,8 m/s. É uma velocidade muito próxima a de uma máquina para aplicação de fertilizante em trabalho. O eixo y é o valor do índice obtido pelo sensor, representado pela linha azul. A segunda linha, em rosa, é o sinal de *trigger* introduzido externamente para diferenciar uma parcela da outra. Este divide a aquisição em 10 campos correspondentes as 10 parcelas. Vê se que algumas médias são mais baixas que outras. Essa diferença de média é devido à diferença dos tratamentos de fertilizante. Outro aspecto importante da aquisição são os “ruídos” da leitura, que produzem oscilações no valor do índice, devido à forma do dossel. As folhas apresentam inclinações naturais, as plantas apresentam alturas variadas e há diferença na distância entre elas. Falhas podem também ocorrer. Entretanto, não foram percebidas sensibilidade do sensor para detectar plantas invasoras.

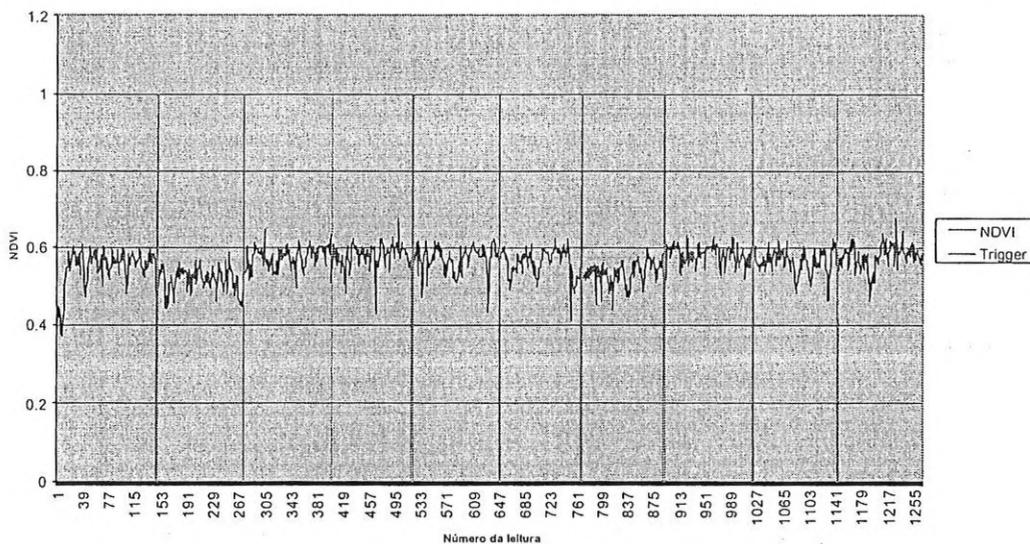


Figura 3. Leitura realizada pelo sensor em uma linha sobre 10 lotes da parcela

A Figura 4 apresenta valores consolidados de dezembro de 2005 e de janeiro de 2006. Ambos acompanham a variação no tratamento de N. No mês de janeiro, a curva perde um pouco a linearidade nos valores de tratamento de N1 e N2.

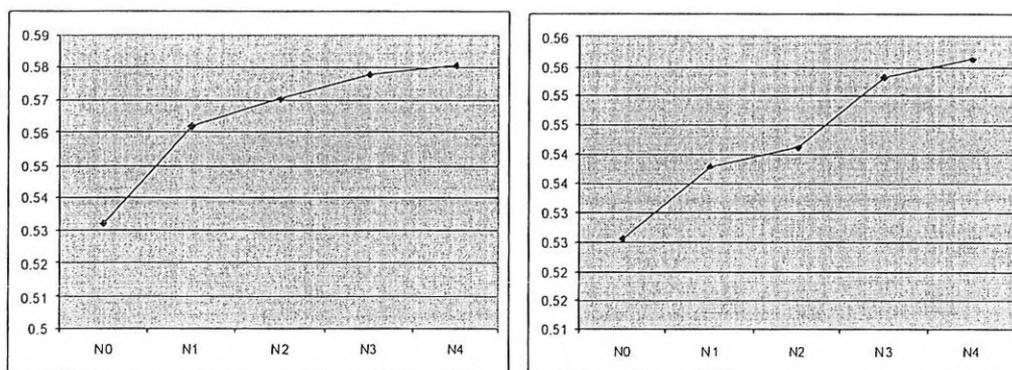


Figura 4. Valores consolidados do mês de dezembro e janeiro, que apresenta no eixo x a dose de nitrogênio e no eixo y o índice de refletância. A curva apresenta a média de todos os valores da refletância obtida em cada tratamento. (colocar as unidades nos eixos do gráfico e as doses de N correspondentes N0 = 0 kg, N1 = 50 kg, N2 = 100 kg, N3 = 150 kg e N4 = 200 kg de N ha⁻¹)

Conclusões

O sensor não foi capaz de detectar diferença de potássio. Porém os índices da leitura de refletância foram crescentes de acordo com o tratamento de nitrogênio, sugerindo que há possibilidade do sensor ser aplicado na identificação de deficiência de nitrogênio e conseqüente uso deste em controle de tempo real em aplicação de fertilizante em cultura de cana-de-açúcar.

Existe a necessidade de aprofundar os estudos agrônômicos com cana-de-açúcar, em condições tropicais, para obter um maior entendimento da dinâmica de N.

Existe, também a necessidade de se desenvolver sensores para detecção dos teores de potássio no dossel.

Agradecimentos

Usina São Martinho pela área e equipe disponibilizada para o experimento.

Referências Bibliográficas

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 25, n. 9/10, p. 1791-1800, 1994.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of a chlorophyll meter to monitor N status and schedule fertigation for corn. *Journal of Production Agriculture*, v. 8, p. 56-60, 1995.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VIGIL, M. F. Chlorophyll meter readings in corn as affected by plant spacing. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 24, n. 17/18, p. 2507-2516, 1993.



2^o Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão
São Pedro, SP – ESALQ/USP

SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S., Site-specific management of Nitrogen. 3^o Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 16 a 18 de agosto de 2005, Embrapa Milho e Sorgo - Sete Lagoas, MG, em CD.

LUCHIARI, Jr., A.; SHANAHAN, J. F.; SCHEMMER, M. L.; TRINGE, J. M.; WILHELM, W. W.; SCHEPERS, J. S. Comparison of chlorophyll meter and fluorescence measurements to detect stress in corn. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1999. Annual Meetings. Salt Lake City, Utah. Abstracts

LUCHIARI, Jr., A.; SHANAHAN, J.; LIEBIG, M.; SCHLEMMER, M.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D.; PAYTON, S. Strategies for establishing management zones for site specific nutrient management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Bloomington, 2000. **Proceedings...** CD-ROM.

LUCHIARI Jr., A.; INAMASU, R.; FRANÇA, G. E.; MANTOVANI, E. C.; GOMIDE, R. L.; CORREIA, A.; SHANAHAN, J.; SCHEPERS, J. Description and performance of a crop canopy reflectance sensor for nitrogen management in corn and forage. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 2001, Montpellier. **Abstracts...** CD-ROM.

LUCHIARI, Jr. A.; SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, M. R. Agricultura de precisão: mudança de patamar tecnológico e oportunidades para a pesquisa agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** p. 197-220.

SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VIGIL, M.; BELOW, F. E. Comparison of corn leaf nitrogen and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, n. 17/20, p. 2173-2187, 1992.