

## DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM CANA-DE-AÇÚCAR

SÉRGIO G. Q. CASTRO<sup>1</sup>, HUDSON S. NAKAO<sup>2</sup>, HENRIQUE C. J. FRANCO<sup>3</sup> PAULO S. GRAZIANO MAGALHÃES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo Msc. Doutorando em Engenharia Agrícola - (FEAGRI - UNICAMP), Fone: (19) 35123546, sergio.castro@bioetanol.org.br

<sup>2</sup> Graduando de Engenharia Agrícola (FEAGRI - UNICAMP), Campinas - SP.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo PhD, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE - CNPEM), Campinas - SP.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI - UNICAMP), Campinas - SP.

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

**RESUMO:** A eficiência na utilização de nitrogênio (N) de fertilizantes pela cana-de-açúcar geralmente é menor que 50%, o que afeta a produtividade da cultura, além de deixar quantidade significativa de N passível de ser perdido do sistema solo-planta. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o estado nutricional da cultura de cana-de-açúcar fertilizada com diferentes doses de nitrogênio aplicadas em diferentes épocas após a colheita, por meio de sensores refletância do dossel com o intuito de gerar parâmetros para à aplicação sustentável de N-fertilizante nos canaviais. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial 5x5 com quatro repetições, sendo cinco doses de nitrogênio aplicadas em cinco épocas após a colheita. Durante o desenvolvimento da cultura seu estado nutricional em N foi avaliado por meio de leitura de refletância do dossel utilizando um sensor óptico ativo, teor de clorofila e parâmetros morfológicos da cultura. A utilização de diferentes doses de nitrogênio aplicadas em soqueira de cana-de-açúcar promove alterações no teor de clorofila e no estande populacional, com destaque para as doses de 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> N. A aplicação do fertilizante nitrogenado em diferentes épocas após a colheita apresenta diferenças para os parâmetros avaliados, juntamente com a utilização do sensor de reflectância do dossel.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de Precisão, NDVI, índice SPAD.

### RATES AND PERIODS OF APPLICATION OF NITROGEN IN SUGARCANE

**ABSTRACT:** The fertilizer efficiency of nitrogen (N) in sugarcane is usually less than 50 %, which affects the yield, besides leaving a significant amount of N that can be lost through the soil-plant system. This study aims to assess the nutritional status of sugarcane fertilized with different nitrogen rates applied at different times after harvest through the canopy reflectance sensors in order to generate parameters for the implementation of sustainable N-fertilizer in the fields. The experimental design was randomized blocks in 5x5 factorial design with four replications, and five doses of nitrogen applied in five seasons after harvest. During crop development its N nutritional status was assessed by reading the canopy reflectance using an active optical sensor, chlorophyll content and morphological parameters of culture. The use of different doses of nitrogen applied in sugarcane ratoon causes changes in chlorophyll content and the population stand, highlighting the doses of 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> N. The application of nitrogen fertilizer at different times after harvest shows differences for all parameters evaluated, along with the use of canopy reflectance sensor .

**KEYWORDS:** Precision Agriculture, NDVI, SPAD

## INTRODUÇÃO

Uma das principais alternativas para o incremento da produtividade e sustentabilidade está relacionada ao uso de técnicas de agricultura de precisão, e o manejo localizado e pontual de fertilizantes, com destaque ao N, contribuindo para uma maior economia da dose aplicada, aumento da eficiência de uso do N-fertilizante e diminuição dos impactos ambientais. A aplicação de N na cultura não deva estar associada apenas à produtividade esperada. Assim busca-se alternativas de diagnósticos do estado nutricional em N na cultura de cana-de-açúcar por sensores “*on-the-go*” (leitura em tempo real) as quais parecem ser promissoras para suprir esse gargalo tecnológico, bem como a utilização de medidas indiretas do conteúdo de clorofila, que correlacionam o teor de N na planta com a quantidade de clorofila mensurada (PIEKIELEK et al., 1995).

De acordo com TARPLEY et al. (2000), a deficiência de N causa mudanças no comportamento espectral da radiação refletida pelas folhas das plantas em virtude das alterações sofridas na falta do nutriente, sendo possível, por meio da mensuração dessas alterações, realizar a recomendação e aplicação da adubação nitrogenada de acordo com a real demanda das culturas. Nesse contexto, Molin et al. (2010) após realizar mensuração do NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) aos 30, 60 e 90 dias após o corte (DAC), concluiu que aos 90 DAC o sensor foi capaz de diferenciar as doses de N, correlacionando-se positivamente com a produtividade final de colmos.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o estado nutricional da cultura de cana-de-açúcar fertilizada com diferentes doses de nitrogênio aplicadas em diferentes épocas após a colheita, por meio de sensores refletância do dossel com o intuito de gerar parâmetros para à aplicação sustentável de N-fertilizante nos canaviais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em área cultivada com cana-de-açúcar localizada na região de Ribeirão Preto-SP, no município de Sales Oliveira – SP (20°52'31”S, 47°57'56”W). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico Textura argilosa. A variedade escolhida foi a IACSP95-5000 (2º corte), colhida no final de safra (Outubro - 2013).

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial 5x5 com quatro repetições, sendo cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> N) aplicadas em cinco épocas após a colheita da cana-planta (logo após o corte da soqueira; aos 30, 60, 90 e aos 120 dias após o corte - DAC), totalizando 100 parcelas. Cada parcela foi constituída por oito sulcos de cana-de-açúcar com 30 m de comprimento, sendo a área útil de cada parcela os seis sulcos centrais.

A fonte nitrogenada utilizada foi nitrato de amônio (33%N), aplicado mecanicamente, incorporado abaixo da camada de palha proveniente da colheita mecanizada sem despalha a fogo, a 0,12 m de profundidade em ambos os lados da soqueira de cana-de-açúcar.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas avaliações do estado nutricional e de parâmetros morfológicos da cultura, sendo a primeira realizada aos 30 DAC e as demais aos 60, 90, 120, 150 e 180 DAC. Com relação aos parâmetros morfológicos foram avaliados a densidade populacional por meio da contagem das plantas em 20 metros nas quatro linhas centrais de cada parcela; as alturas de perfilhos/colmos (m) mensuradas com fita métrica até a inserção da folha + 1; os diâmetros de colmos (mm) obtidos com a utilização de um paquímetro digital.

O estado nutricional da cultura foi avaliado por meio dois métodos distintos: medida do teor de clorofila na folha+1 por meio de clorofilômetro, SPAD-502 (Spectrum Technologies, Inc, Plainfield, IL); e sensor de refletância do dossel (SOAT - ACS – 430, Crop Circle Holland Scientific, Lincon, NE, EUA). As avaliações foram procedidas nas plantas das linhas centrais de cada parcela. A análise do índice SPAD foi realizada no limbo foliar no terço médio das folhas +1, na qual dez leituras do teor de clorofila, feitas ao acaso, em diferentes regiões do limbo foliar foram obtida e determinada a média. Já a leitura do SOAT foi efetuada na linha central (linha 3) de cada parcela, com leitura feita sobre o dossel da cultura a uma distância vertical do solo próxima a 1,20m.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações de Pearson referentes ao NDVI e a altura de perfilhos, foram positivas nas adubações realizadas logo após o corte (0 DAC) e aos 30 DAC. Já em relação ao NDVI e o SPAD houve correlação positiva apenas para a época de fertilização 60 DAC, e para a adubação realizada aos 120 DAC houve maior correlação entre o perfilhamento e o NDVI (Tabela 1).

TABELA 1. Correlação de Pearson realizada para as variáveis monitoradas segundo as diferentes épocas de aplicação do fertilizante e avaliações.

Correlação/Épocas	0	30	60	90	120
NDVI x Altura	0.64	0.53	-0.47	-0.32	-0.45
NDVI x SPAD	-0.12	-0.41	0.42	-0.03	0.03
NDVI x Perfilhos m <sup>-1</sup>	0.29	0.26	0.04	0.32	0.51

O SOAT não conseguiu distinguir as doses de nitrogênio aplicadas, porém o NDVI diferiu entre as épocas de aplicação do fertilizante, sendo que os fertilizantes aplicados aos 60, 90 e 120 DAC apresentaram maiores valores de NDVI se comparado a aplicação feita logo após o corte e aos 30 DAC (Tabela 2).

TABELA 2. Valores médios para o índice NDVI mediante as diferentes doses de nitrogênio e época de aplicação do fertilizante nitrogenado.

Dose/Época de Aplicação	0	30	60	90	120	Média
0	0,60	0,62	0,67	0,65	0,66	0,64
50	0,61	0,62	0,66	0,66	0,68	0,65
100	0,61	0,60	0,66	0,67	0,65	0,64
150	0,61	0,62	0,67	0,65	0,68	0,65
200	0,60	0,61	0,67	0,66	0,68	0,64
Média	0,61B	0,61B	0,67A	0,66A	0,67A	
P>n	0,98 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
DMS	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,03
CV(%)	11	10	12	11	13	12

OBS: Letras maiúsculas comparam épocas de aplicação do fertilizante e letras minúsculas comparam as doses de N. \*\* significativo a 1%, ns - não significativo.

As leituras com o clorofilômetro na folha +1 diferiram para as doses de nitrogênio adotadas, sendo que as doses de 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> N apresentaram maiores valores de SPAD (Tabela 3). Já as diferentes épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado não apresentaram variação no índice SPAD, em função do teor de clorofila variar pouco no tempo quando as condições climáticas são favoráveis ao acúmulo de biomassa pela parte aérea da cana-de-açúcar (AMARAL, 2014).

TABELA 3. Valores médios obtidos para o índice SPAD mediante as diferentes doses de nitrogênio e época de aplicação do fertilizante nitrogenado.

Dose/Época de Aplicação	0	30	60	90	120	Média
0	42,14	41,03	40,45	39,82	41,33	40,95b
50	41,97	42,39	41,92	40,78	42,26	41,86ab
100	42,20	42,43	42,72	42,38	42,25	42,40ab
150	43,16	42,60	42,48	42,32	44,13	42,94a
200	42,66	42,82	43,52	42,41	44,20	43,12a
Média	42,43A	42,25A	42,22A	41,54A	42,83A	
P>n	0,70 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>**</sup>
DMS	2,55	2,80	3,13	3,62	4,43	1,40
CV(%)	8	7	7	9	6	7

OBS: Letras maiúsculas comparam épocas de aplicação do fertilizante e letras minúsculas comparam as doses de N. \*\* significativo a 1%, ns - não significativo.

A adubação nitrogenada promoveu maior perfilhamento da soqueira de cana-de-açúcar, na qual a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> N apresentou número de perfilhos superior as demais doses (Tabela 4). Nesse sentido a época de aplicação do nitrogênio em soqueira também apresentou diferenças no perfilhamento, sendo que a aplicação do fertilizante aos 90 DAC apresentou maior número de perfilhos se comparado as demais épocas.

TABELA 4. Valores médios obtidos para o estande de perfilhos (perf. m<sup>-1</sup>) de acordo com as diferentes doses de nitrogênio e época de aplicação.

Dose/Época de Aplicação	0	30	60	90	120	Média
0	16,9	16,9	17,9	16,9b	17,1	17,1b
50	17,1	17	17,9	17,7b	19,1	17,8ab
100	16,8	17,6	18,5	18,8b	17,8	17,9ab
150	17,1	17,7	18,7	17,9b	16,9	17,7ab
200	18,1	17,2	18,9	22,3a	17,5	18,8a
Média	17,2B	17,3B	18,4AB	18,7A	17,7AB	
P>n	0,62 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>**</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	
DMS	2,4	2,6	2,9	3,4	4,2	
CV(%)	17	15	18	16	20	

OBS: Letras maiúsculas comparam épocas de aplicação do fertilizante e letras minúsculas comparam as doses de N. \*\* significativo a 1%, ns - não significativo.

## CONCLUSÕES

A utilização de diferentes doses de nitrogênio aplicadas em soqueira de cana-de-açúcar promove alterações no índice SPAD e no estande populacional, com destaque para as doses de 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> N respectivamente.

A aplicação do fertilizante nitrogenado em diferentes épocas após a colheita apresenta diferenças na mensuração do índice NDVI e para o perfilhamento da soqueira.

Apesar do sensor de reflectância do dossel de plantas não ter conseguido diferir as doses de nitrogênio aplicadas em soqueira, esse foi capaz de diferenciar a época de aplicação do fertilizante nitrogenado.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor (Processo nº 2013/01417-2).

## REFERÊNCIAS

AMARAL, L.R.do. **Sensor de refletância do dossel para direcionar a aplicação de nitrogênio em taxas variáveis na cultura de cana-de-açúcar**. 2014. (Tese - Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 125 p.

MOLIN, J.P.; FRASSON, F.R.; AMARAL, L.R.; POVH, F.P.; SALVI, J.V. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1345–1349, 2010.

PIEKIELEK, W. P.; FOZ, R. H.; TOTH, J. D.; MACNEAL, K. E. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, v.87, p.403-408, 1995.

TARPLEY, L.; REDDY, K.R.; SASSENATH COLE, G.F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**, v.1, n.4, p.1814-1819, 2000.