

APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO SEGUNDA SAFRA COM AUXÍLIO DE SENSOR ATIVO: PARTE I – RELAÇÃO ENTRE ÉPOCAS DE LEITURA, DOSES DE NITROGÊNIO E PRODUTIVIDADE

LUCAS CORTINOVE¹, LEANDRO M. GIMENEZ², RAFAEL FORNARI¹

¹ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Fundação MT, (66)34394100, lucascortinove@fundacaoamt.com.br

² Professor Doutor, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, (19)34294165

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A resposta à aplicação de nitrogênio na cultura do milho depende da época de fornecimento com melhores resultados na fase inicial do ciclo. Sensores podem ser utilizados como ferramenta auxiliar na definição da necessidade de adubação nitrogenada, mas apresentam sensibilidade a ruídos quando a cultura apresenta baixo índice de área foliar. Leituras no início do ciclo para prever a necessidade do fertilizante tendem a apresentar menor relação com as tardias pois diversos fatores ambientais ao longo do ciclo condicionarão o desempenho da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de um sensor de refletância ativo para caracterizar o desenvolvimento das plantas de milho. Um experimento com cinco níveis de adubação nitrogenada foi implantado no município de Itiquira-MT e leituras foram realizadas em quatro fases fenológicas. Determinou-se a produtividade final de grãos, a altura e massa seca da parte aérea em cada fase. Houve efeito da adubação nitrogenada para os parâmetros avaliados. O índice de vegetação da diferença normalizada se apresentou correlacionado com a produtividade ao longo do ciclo. Menor dispersão entre as medidas do sensor e a altura de plantas e massa da parte aérea ocorreu com o avançar do ciclo, porém antes do pendramento.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, fenologia, IVDN

USING AN ACTIVE SENSOR IN THE APPLICATION OF NITROGEN FOR SECOND SEASON CORN: PART I – TIMMING OF READINGS, NITROGEN RATE AND YIELD RELATIONS

ABSTRACT: Best results for nitrogen use in tropical rainfed corn are obtained for applications in the early stages of the season. Non-selective active reflectance sensors are potential tools to improve the nitrogen use efficiency but require a minimum leaf area index to avoid noisy readings. Environmental factors along the crop cycle interfere in its final yield, thus reducing the prospects for successful use of readings obtained in the beginning of the season. This research aimed at characterizing corn biomass, height and yield and its relation with a vegetation index obtained through an active reflectance sensor. An experiment with five nitrogen levels was carried in Central Brazil, Itiquira-MT. Sensor readings and plant measurements were taken in four moments. Results showed effect of nitrogen rate for the evaluated parameters. Plant height, biomass and yield showed correlation with the normalized difference vegetation index. Regressions were better for readings obtained later in the season but before tasseling.

KEYWORDS: precision agriculture, fenology, NDVI

INTRODUÇÃO: A aplicação de nitrogênio na cultura do milho apresenta melhores resultados nos momentos iniciais da cultura. É necessário ter boa disponibilidade dos nutrientes no início do desenvolvimento da cultura para não afetar o potencial produtivo, já que seu início ocorre a partir de quatro folhas completamente expandidas (Fancelli & Dourado Neto, 2004). O uso de sensores de vigor de plantas pode auxiliar a determinar a adubação nitrogenada na cultura do milho quando apresenta relação com a produtividade. Contudo para que as avaliações sejam fidedignas à condição das plantas,

é necessário que a planta se desenvolva e tenha uma cobertura de solo maior do que nos estádios de desenvolvimento iniciais (Povh, et al. 2011). Essa condição de maior cobertura foliar inibe a presença de ruídos nas leituras com o sensor, principalmente oriundo da presença de solo exposto, porém em situações de alto desenvolvimento do milho o sinal de NDVI pode se tornar saturado (Povh, et al. 2008). Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do índice de vegetação NDVI obtido a partir de um sensor ativo de refletância ao longo do desenvolvimento do milho e sua relação com alguns parâmetros de plantas e produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na estação experimental da Fundação Mato Grosso, localizada no município de Itiquira, com latitude S17°09'19", longitude O54°42'55 e 500 m de altitude. O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico com textura muito argilosa, encontrando-se sob sistema de semeadura direta com cultivo de soja na safra principal, seguida de milho na segunda safra. A semeadura do híbrido DOW2B587 foi realizada em 25 de fevereiro de 2014, buscando uma população de 55.000 pl ha⁻¹, no espaçamento de 0,45 m entre fileiras de plantas. A adubação consistiu de 120 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados na cultura da soja antecessora, 60 kg ha⁻¹ de K₂O em superfície em pré semeadura e 450 kg ha⁻¹ de superfosfato simples no sulco de semeadura. Os tratamentos avaliados consistiram de 6 níveis de adubação nitrogenada, de zero até 150 kg ha⁻¹, com acréscimos de 30 kg ha⁻¹ para cada tratamento. A adubação nitrogenada foi realizada quatro dias após a semeadura, empregando ureia protegida contendo 44% de N, 0,4% de B como ácido bórico e 0,15 % de Cu como sulfato de cobre. Parcelas com 7 metros de comprimento por 7 fileiras de plantas foram instaladas no delineamento de blocos casualizados, com 6 repetições. O sensor ativo CropCircle ACS470, do fabricante Holland Scientific, utilizado para obtenção de valores de refletância, foi mantido a uma distância de 0,8 m do topo das plantas, sendo realizadas três passadas por parcelas de modo a caracterizar as três linhas centrais, Figura 1.

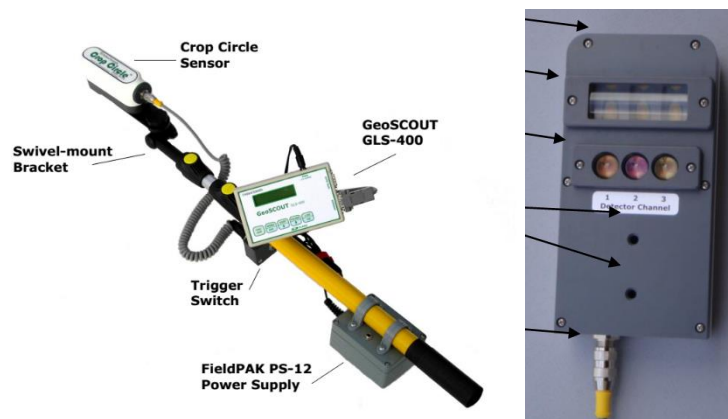


FIGURA 1. Sistema para coleta de dados de refletância utilizados no cálculo do NDVI na esquerda e à direita detalhe do sensor com três canais. **System used for obtaining reflectance readings in the experiment used in the NDVI calculation at left. In the right a detailed view of the sensor with three channels.**

Em média foram obtidas 60 amostras de refletância por parcela em cada momento. Utilizaram-se filtros para obter dados de refletância nos comprimentos de 670 (vermelho) e 760 nm (infravermelho). Os valores de refletâncias foram utilizados no cálculo do índice de vegetação pela diferença normalizada também denominado NDVI (normalized difference vegetation index), conforme a Equação 1.

$$Iv = \frac{Ifv - Vis}{Ifv + Vis} \quad (1)$$

em que,

Iv – Índice de vegetação, NDVI ;

Ifv – Refletância do comprimento de onda do infravermelho, ou seja 760 nm;

Vis – Refletância do comprimento de onda visível, ou seja 670 nm;

Para a determinação da produtividade foram colhidas 3 linhas de 5 m de comprimento em cada parcela. Nas linhas laterais àquelas utilizadas para a determinação da produtividade foram realizadas

mensurações de altura e coletadas as partes aéreas das plantas para a determinação da massa seca nos estágios de V5, V7, V11 e VT, mesmos momentos em que foram realizadas as leituras de refletância. Os resultados de população inicial, produtividade, altura de plantas, massa seca da parte aérea do milho, NDVI em V5, V7, V11 e VT foram submetidos à análise de variância e quando houve efeito do tratamento, considerando uma probabilidade de erro de 5% no teste F, procedeu-se ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os parâmetros foram também correlacionados e regressões ajustadas para aqueles com correlação significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com exceção da altura de plantas em V5, todos os demais parâmetros foram afetados pelo nível de adubação nitrogenada. A população de plantas esteve de modo geral abaixo daquela desejada, tendo ocorrido perda mais expressiva para o tratamento de 60 kg ha⁻¹, o que pode ter restringido a produtividade que foi influenciada positivamente pela elevação da adubação nitrogenada, Tabela 1.

TABELA 1. Resultado do teste de comparação de médias para a população final e produtividade. **Results of the average comparison test for final plant population and yield.**

Dose de N, kg ha ⁻¹	População Final*, pl m ⁻¹	Produtividade*, kg ha ⁻¹
0	2,0 ab	4700 c
30	2,1 ab	5269 bc
60	1,9 b	5055 c
90	2,2 a	5969 a
120	2,1 ab	5798 ab
150	2,2 ab	6052 a

*Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os parâmetros altura de plantas e massa seca da parte aérea apresentaram médias distintas em função da dose de N nas fases posteriores a V5, diferenças mais expressivas foram notadas em V7 e V11, Tabela 2.

TABELA 2. Resultado do teste de comparação de médias para parâmetros das plantas. **Results of the average comparison test for plant height and above ground biomass.**

Dose de N kg ha ⁻¹	Altura de Planta, cm				Massa Seca parte aérea, kg ha ⁻¹			
	V5	V7	V11	VT	V5	V7	V11	VT
0	31 a	46 b	132 c	190 c	377 b	931 c	2847 b	4239 b
30	29 a	54 ab	145 b	196 bc	490 a	1107 bc	2958 b	4730 ab
60	29 a	53 ab	154 ab	200 ab	515 a	1202 ab	3180 ab	5279 a
90	31 a	57 a	156 a	201 ab	527 a	1310 a	3557 a	4866 ab
120	29 a	54 ab	154 ab	204 ab	529 a	1205 ab	3638 a	5069 ab
150	30 a	57 a	158 a	205 a	541 a	1339 a	3669 a	5171 ab

*Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os índices de vegetação foram afetados pela dose de N desde a primeira avaliação, porém deixaram de ser afetados em VT, o que pode estar relacionado à própria presença do pendão no dossel, diluindo o efeito do porte e coloração das folhas. O aumento da dose e o aumento do tamanho das plantas provocaram aumento dos índices de vegetação, Tabela 3.

TABELA 3. Resultado do teste de comparação de médias para os índices de vegetação. **Results of the average comparison test for NDVI vegetation index.**

Dose de N Kg ha ⁻¹	Índice de Vegetação - NDVI			
	V5	V7	V11	VT
0	0,129 b	0,271 c	0,480 c	0,436 a
30	0,177 a	0,338 b	0,519 ab	0,439 a
60	0,170 ab	0,334 b	0,515 b	0,444 a
90	0,204 a	0,369 ab	0,550 a	0,452 a
120	0,190 a	0,359 ab	0,543 ab	0,440 a
150	0,197 a	0,384 a	0,545 ab	0,463 a

*Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Diversos parâmetros apresentaram correlação significativa com a produtividade, sendo que dentre aqueles derivados de medidas da própria planta merece destaque a massa seca da parte aérea, desde V5 até V11. A altura de plantas em V11 também apresentou correlação significativa com a produtividade, conforme apresentado na Tabela 4.

TABELA 4. Matriz de correlação entre os parâmetros avaliados. **Correlation matrix for the evaluated parameters.**

	População final	Produtividade	Altura				Massa Seca					
			V5	V7	V11	VT	V5	V7	V11	VT		
Produtividade	0,67	-										
Alt.V5	0,38	0,22	-									
Alt.V7	0,11	0,53	0,14	-								
Alt.V11	0,02	0,52	0,16	0,55	-							
Alt.VT	0,05	0,52	0,06	0,20	0,72	-						
MSecaV5	0,07	0,62	0,04	0,54	0,68	0,55	-					
MSecaV7	0,19	0,62	0,09	0,48	0,68	0,50	0,76	-				
MSecaV11	0,14	0,68	0,13	0,54	0,66	0,57	0,71	0,68	-			
MSecaVT	-0,09	0,26	0,17	0,35	0,70	0,45	0,53	0,37	0,47	-		
NDVI V5	0,38	0,63	0,26	0,62	0,64	0,39	0,62	0,64	0,64	0,30		
NDVI V7	0,35	0,69	0,23	0,61	0,74	0,56	0,72	0,74	0,63	0,38		
NDVI V11	0,42	0,75	0,12	0,54	0,53	0,48	0,57	0,57	0,65	0,25		
NDVI VT	0,17	0,43	0,20	0,30	0,54	0,47	0,35	0,56	0,38	0,17		

O ajuste de regressões entre o índice de vegetação e a produtividade do milho foi mais satisfatório que aquele entre a massa seca e a produtividade, Tabela 5.

TABELA 5. Coeficientes de determinação das análises de regressão entre NDVI, produtividade e massa seca da parte aérea de plantas. **Linear regression coefficients between NDVI, yield and above ground biomass.**

Parâmetro	Massa Seca			Produtividade		
	V5	V7	V11	V5	V7	V11
NDVI	0,42	0,47	0,38	0,52	0,54	0,64
Produtividade	0,38	0,40	0,40	-	-	-

O índice de vegetação se correlacionou com a produtividade desde os primeiros estádios fenológicos o que pode assegurar uma aplicação de modo a reduzir eventuais perdas de produtividade pela deficiência do nutriente, esta relação, entretanto pode não se repetir na maior parte das vezes dado o longo período entre a leitura e a aplicação em que poderiam ocorrer eventualidades durante o ciclo. Para os estádios mais tardios como V11, um mapeamento do índice de vegetação poderia ser empregado para obter uma estimativa de produtividade de forma contínua. Auxiliando na compreensão da variabilidade presente nas áreas, auxiliando sobretudo nas situações em que não se dispõem do mapeamento da produtividade.

CONCLUSÕES: Nas condições deste estudo, verificou-se que o índice de vegetação é uma alternativa para a estimativa da produtividade sendo mais efetivo quanto mais tardia a leitura ao longo do ciclo desde que antes do pendoamento. O índice de vegetação também apresentou sensibilidade para a massa seca e altura das plantas.

REFERÊNCIAS

- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; **Produção de milho**. 2ª Ed. Piracicaba: Os autores. P. 360, 2004.
- POVH, Fabrício Pinheiro et al. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v. 43, n. 8, p. 1075-1083, Aug. 2008.
- POVH, F.P.; **Gestão da adubação nitrogenada em milho utilizando sensoriamento remoto**. 107 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011.